



FONDO PIZZUFALCONE



3545

BIBLIOTECA PROVINCIALE

27-B-17

XIX

Palchetto

Num ° d ordine

NAZIONALE

B. Prov.

394

NAPOLI









502
69436

L'ART DE JETTER LES BOMBES.

PAR MONSIEUR BLONDEL,
Marechal de Camp aux Armées du Roy.



Chez L'AUTEUR. Et se vend
A AMSTERDAM,
Chez PIERRE MORTIER, Libraire.

M. DC. XCIX.

PART

LES BOMBERES





A U R O Y.



I R E,

*Peut-estre que je viens un peu hors de
saison, offrir à VOSTRE MAJESTE'*

* 2

ce

ce *Traité de l'Art de jetter les Bombes*, dans un temps où Elle vient de donner la paix à l'Europe, & où il semble que la science de l'Artillerie ne doive plus estre employée qu'à faire des feux de joye. J'espere néanmoins que mon ouvrage ne lui sera pas tout à fait desagreceable, & qu'Elle y verra avec quelque plaisir les regles d'un Art dont Elle s'est si utliement servie dans ses Conquestes, & qui n'a pas esté un des moindres instrumens de ses Victoires. J'ose me flatter qu'Elle approuvera le dessein que j'ai d'empêcher un Art si noble de perir, en le reduisant aux Regles certaines de la *Mathématique*, & donnant moyen aux Eleues de s'y perfectionner. D'ailleurs, *SIRE*, c'est dans le temps de la Paix, à bien parler, que l'on doit étudier le metier de la Guerre, & il ne faut pas attendre à en acquérir la connoissance, qu'on soit obligé de le mettre en pratique. C'est dequoy *V. M.* a donné Elle-mesme d'illustres preuves, lors que dans le sein de la Paix, au milieu du calme & du repos, Elle aguerissoit, pour ainsi dire, ses Soldats par les frequentes revenües qu'Elle leur fai-

faisoit faire, & par les continuels exercices où Elle les occupoit. Ainsi quand V. M. s'est mise en Campagne, Elle a trouvé des troupes toutes dressées, & a esté d'abord en estat d'exécuter toutes ces grandes choses qui sont à peine croyables à ceux qui les ont veües, & dont tout l'avenir parlera avec estonnement. C'est donc, SIRE, pour seconder, en ce que je puis, de si glorieux desseins, que je mets ce *Traité* au jour. Heureux ! s'il peut être en effet utile à V. M. & si Elle a la bonté de le recevoir comme un temoignage de la reconnoissance que je lui dois pour les graces dont Elle m'a comblé. Je suis

S I R E

DE VÔTRE MAJESTE

*Le tres-humble, tres-obeissant &
tres-fidele sujet & serviteur*

B L O N D E L.

L'IMPRIMEUR A U L E C T E U R.

IL y a quatre parties dans ce Livre: La première est une espece de relation historique de ce qui s'est fait & écrit sur le sujet des Bombes & des portées du Canon jusqu'à nous: La seconde enseigne diverses pratiques sur le même sujet & particulièrement pour le jet des Bombes en toutes sortes de position du mortier tant par les Sinus que par les Instrumens, par les Tables, par le Compas de proportion &c. La troisième est de pure Theorie qui demontre à fond tout ce qui s'est dit sur cette doctrine & ce qui s'est proposé dans les pratiques: La quatrième resout les objections que l'on peut faire tant contre la Theorie que contre les pratiques, dont elle confirme la doctrine par les experiences.

AVIS AU RELIEURS.

DAns la page 112. Il faut se souvenir d'y appliquer une figure de taille douce sur celle en bois qui a été imprimée par mégarde.

CATA-

CATALOGUE
DES
OUVRAGES
DE
MONS^R. BLONDEL.

Qui se Vendent

A AMSTERDAM chez PIERRE MORTIER.



Cours d'Architecture enseigné dans l'Academie Royale d'Architecture, ou sont Expliquez les Termes, l'Origine & les Principes d'Architecture, & les pratiques des *Cinq Ordres* Suivant la Doctrine de Vitruve & de ses principaux Sectateurs, & suivant celle des trois plus habiles Architectes qui ayent écrit entre les Modernes, qui sont *Vignole, Palladio & Scamozzi*. Dedié au Roy. Par Blondel, de l'Academie Royale des Sciences, Avec Plus de Trois cent Planches, très bien gravée a Paris Foll. en 5 Parties.

Cours de Mathematique, Contenant Divers Traitez Composez & Enseignez a Monsieur le Dauphin, Par Blondel 4 2 voll. *La Premiere Volumes Contient*, la Mathematique en General, la Geometrie Speculative, & la Geometrie Pratique *La Second Volumes Contient*, l'Aritmetique Speculative, & l'Aritmetique Pratique Avec Fig. 4^o.

Histo-

L'Historie du Calendrier Romain qui contient son Origine & les Divers Changemens qui luy sont Arrivez. Par Blondel 4. avec Figures.

L'Art de jetter les Bombes, par Blondel 4. avec Fig.

Nouvelle Maniere de Fortifier les Places 4. Fig.



L'ART DE JETTER LES BOMBES.

ET DE CONNOITRE L'ETENDUE DES COUPS
de volée d'un Canon en toutes sortes d'Elevations.

PREMIERE PARTIE.

Opinions fausses du Jet des Bombes avant Galilée.

LIVRE PREMIER.

De l'Origine & de l'Usage des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Origine des Bombes.

L'USAGE des Bombes & des Grenades
n'est pas fort ancien : Et quoi que l'on ait
quelque exemple dans l'Histoire de certains

L. V. T.
CHAP. I.
Origine des
Bombes.

2 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. I.
Origine des
Bombes

vazes de feu que l'on lançoit avec des machines dans les Villes de Ennemis ; il est constant que que c'étoit toute autre chose que nos Bombes que l'on charge de Poudre à Canon , dont on n'avoit alors aucune conoissance.

Les premieres que l'on a veuës ont été jetées dans la Ville de Waëthendonch en Gueldres que le Comte de Mansfeld assiegeoit sous le Prince de Parme en l'année 1588 : où ces Bombes ayant en peu de temps ruiné tous les logemens , elles étonnerent tellement ceux de la Place qu'ils furent contraints de se rendre.

L'on dit qu'un Habitant de Venlo dans la même Province les avoit inventées quelque temps auparavant , pour s'en servir seulement aux feux d'artifice de plaisir : Et que pour divertir le Duc de Cleves , qui se trouvoit alors à Venlo , il en avoit jetté plusieurs en sa presence , dont l'une par malheur tombant dans une des maisons , elle y avoit allumé un embrasement si horrible , que la meilleure partie de cette pauvre Ville en avoit été consumée , sans que l'on pût y apporter aucun remede.

Il y a des Historiens Hollandois qui rapportent , que peu de mois avant ce malheur , un Ingenieur Italien avoit fait quelques experiences semblables à Bergopson , pretendant rendre l'usage de ses bombes facile & utile pour la Guerre ; mais qu'ils s'étoit miserablement brûlé lui-même , mettant le feu par hazard à

la composition qu'il faisoit pour ce sujet.

Quoy qu'il en soit, il est tres-veritable que l'on n'avoit rien veu de pareil en ce temps-la: Bien que l'usage des mortiers soit peut-être autant ancien que celui des Canons mêmes, puisque nous en voyons de fer & de fonte d'une fort ancienne structure, & que nous sçavons que l'on s'en est fort servi dans les Guerres d'Italie au commencement du siecle passé, à jeter des pierres & des balles de Canon ardantes pour mettre le feu dans les Villes.

Il y a même le dessein d'un mortier qui lance un boulet enflammé parmi diverses autres pieces d'artillerie, qui sont figurées dans le frontispice du Livre de *Nicoló Tartaglia* Mathematicien de Bresce en Italie, imprimé en l'année 1538.

LI V. I.
CHAP. I.
Origine des
Bombes.

CHAPITRE II.

Premier usage des Bombes en France par Maltus.

LEs Espagnols & les Hollandois se sont servi de Bombes & de Grenades dans les longues Guerres qu'ils ont eües ensemble: Mais c'est seulement en l'année 1634 au premier siege de la Motte, que nous en avons veu dans nos armées. Il n'est pas vray que l'on en ait jetté pendant le siege de la Rochelle comme *Casimir*

CHAP. II.
Premier usage
des Bombes
en France par
Maltus.

4 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. II.
Premier usage
des Bombes
en France par
Maltus.

Siemienouski Polonois l'a dit dans son Livre du grand Art de l'Artillerie. Le feu Roy avoit fait venir d'Hollande le sieur Maltus Ingenieur Anglois pour cet effet; Et nous l'avons vu en plusieurs sieges servir principalement aux batteries des Bombes avec beaucoup de succès. A Colioure en l'année 1642, Il en jetta une qui creva la Cisterne & obligea les assiegez à se rendre plutôt qu'ils n'auroient fait sans cet accident.

Il n'avoit point dans les commencemens toute l'experience qu'il a acquise dans la suite. Au premier siege de Landreci en l'année 1637, sa batterie étoit dans une redoute à l'attaque de Monsieur le Cardinal de la Valette; Et l'on venoit se plaindre à tous momens que les Bombes qu'il pensoit jeter dans la Place, passaient par dessus & alloient tuer du monde dans la tranchée aux attaques de Monsieur de Candale & de Monsieur de la Meilleraye qui étoient aux autres côtés de la Ville.

• Il lui arriva même un assés grand malheur pendant ce siege. La curiosité ayant amené dans sa batterie plusieurs Officiers Generaux de l'armée, il tira quelque Bombes en leur presence; mais enfin ayant mis le feu à la fusée d'une Bombe chargée, comme il voulut le mettre à l'amorce de la lumiere du mortier, sa mèche se trouva éteinte; il en prit l'épouvante &

criant , sauve qui peut , il sauta le premier par-dessus le parapet de la redoute : chacun en voulut faire de même , mais la foule & le desordre furent si grands , que la Bombe crevant dans le mortier & le mettant en mille morceaux , elle tua ou estropia beaucoup de gens.

LIV. I.
CHAP. II.
Premier usage
des Bombes
en France par
Maltus.

Cet Ingenieur fut tué au dernier siege de Gravelines par un malheur tout a fait extraordinaire. Il avoit remarqué un poste près de la Contrescarpe des Ennemis où il avoit dessein de pousser son travail à l'entrée de la nuit , & voulant le faire voir à l'Officier General , il fit un saut dans la tranchée pour en reconnoître la situation ; l'Officier en fit un après lui & n'ayant pas assez bien reconnu l'endroit , il pria Maltus de sauter encore une fois pour le lui faire mieux remarquer : Maltus le fit & reçut en l'air un coup de mousquet dans la tête. Ce qui fit dire par un espee de raillerie , qu'il avoit été tiré en volant.

Toute sa science étoit purement d'Experience. Il n'avoit aucune connoissance des Mathematiques , ny d'aucune autre science qui pût lui faire sçavoir la nature du mouvement des Bombes , & de la ligne courbe qu'elles décrivent dans l'air par leur passage , ou de la difference de leurs portées suivant les differences de leurs elevations. Il ne pointa jamais son mortier que par hazard & en tatonnant , ou pour mieux dire par l'estime qu'il faisoit de l'éloignement

6 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. II.
Premier usage
des Bombes
en France par
Maltus.

du lieu où il vouloit jeter la Bombe, suivant lequel il lui donnoit plus ou moins d'élevation; prenant garde si les premiers coups étoient justes ou non, afin de baisser son mortier, si la portée étoit courte; ou le hausser, si elle alloit au delà de son but; se servant à cet effet d'une esquerre dont il faisoit parade; & dont je parleray amplement cy-après.

CHAPITRE III.

Il y a des regles certaines pour les Jet des Bombes inconnues aux Bombardiers.

CHAP. III.
Il y a des regles certaines pour les Jet des Bombes inconnues aux Bombardiers.

LA plus grande partie des Officiers, qui servent présentement aux batteries des Bombes, sont des Eleves de Maltus; & je n'en ay encore veu aucun, qui eut autre connoissance de cet art que de l'experience de pratique. Ceux qui en ont écrit parmi nous & Maltus lui-même, n'en disent point d'avantage. Ils veulent que l'on sçache à peu près, par la pratique, l'élevation que l'on doit donner au mortier pour le faire porter à la distance que l'on souhaite; Et que l'on ait le soin d'augmenter ou de diminuer cette élévation à proportion que la Bombe se trouve plus ou moins éloignée ou en deçà ou en delà du but.

Mais comme il a des regles certaines & de-

monstratives , fondées sur la Geometrie & sur la conoissance que l'on a acquise de la nature du mouvement des corps jettez , & de la ligne courbe qu'ils décrivent par leur passage en l'air ; par le moyen desquelles on peut raisonner autant juste que l'on le peut humainement sur la différence étendue des portées , non seulement des Bombes mais du Canon même en toutes sortes d'Elevation : & comme on a sur ce fondement inventé des instrumens qui peuvent donner des facilités extraordinaires à l'art de jeter les Bombes.

LIV. I.
CHAP. III.
Il y a des regles certaines pour le jet des Bombes inconnues aux Bombardiers.

J'ay crû que je ferois service au public si j'approfondissois cette matiere , recherchant avec soin ce qui en a été dit par les Auteurs , & faisant remarquer ce qu'il y a de faux dans le raisonnement des uns , & ce que l'on peut recevoir pour assuré dans les pratiques des autres.

Il y a peu de matiere physique sur laquelle on ait écrit plus de volumes que sur la nature du mouvement des corps & dont pourtant on ait eu moins de conoissance par le passé. Tous les Philosophes anciens ont fort bien sçeu que les mouvemens des corps qui tombent , & qu'ils ont appelé le mouvement naturel , s'augmentent incessamment à mesure qu'ils s'éloignent du commencement de leur cheute : mais personne n'a sçû dire par quelle proportion se fait cette augmentation de vitesse. Ils ont bien connu que

8 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. III.
Il y a des re-
gles certaines
pour le jet
des Bombes
inconnues aux
Bombardiers.

les corps jettez en l'air, par un mouvement qu'ils ont appelé violent, y décrivent en passant une ligne courbe; mais il n'ont jamais dit de quelle nature est cette ligne, & quelles en sont les propriétés.

CHAPITRE IV.

Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.

CHAP. IV.
Sentiment de
Tartaglia sur
le jet des
Bombes.

NICOLÒ TARTAGLIA, Mathématicien de la Ville de Bresce dans l'Etat des Venitiens, duquel nous avons parlé cy-devant, & qui vivoit au commencement du siècle passé, est le premier qui a recherché l'un & l'autre, & qui en a voulu faire l'application au mouvement des boulets tirés par le Canon ou par le mortier.

Mais comme il a établi certains principes, de physique qui ne sont pas véritables; Il ne faut pas s'étonner que ses conclusions soient éloignées du véritable génie de la nature. Il a crû qu'il n'y pouvoit avoir de mouvement qui fut composé du naturel & du violent; ce qui lui a fait dire que la ligne courbe qu'un boulet, sortant d'un mortier ou d'une pièce d'Artillerie, décrit en passant dans l'air, se faisoit en partie par le mouvement violent dont la force va toujours en diminuant, & en partie par le mouvement naturel.

tuel qui augmente incessamment de vitesse à mesure qu'il s'éloigne de son principe. Ce qui est faux dans la ligne que décrivent les Corps jetés dans laquelle ils diminuent incessamment de vitesse.

LIV. I.
CHAP. IV.
Sentiment de
Tartaglia sur
le jet des
Bombes,

Il avoit beaucoup medité sur ce sujet ; & dans le titre du livre que nous avons de lui intitulé *de la science Nouvelle*, il promet de donner l'ordre & la proportion avec laquelle les portées des coups de Canon ou de mortier s'augmentent ou diminuent suivant la différente élévation de la piece , & le moyen de calculer toutes les différentes étendues des même portées sur la conoissance d'un seul coup tiré & mesuré. Il est vray que dans la suite de son discours il dit que, cette science pouvant contribuer à la ruine & à la perte des hommes, il avoit résolu de la supprimer , se réservant néanmoins la faculté de l'enseigner de vive voix à ceux qui s'en voudroient servir contre les Infideles.

Il a cependant produit plusieurs choses nouvelles pour la guerre ; & nous pouvons dire en passant que c'est lui qui s'est avisé le premier d'arrondir les flancs de ses Bastions en dedans de leur demi-gorge ; dont je voy que l'on a renouvelé l'usage depuis peu parmi nous : Quoi que les raisons de *Tartaglia* soient bien différentes des nostres.

Les Courtines étoient extrêmement longues

LIV. I.
CHAP. IV.
Sentiment de
Tartagias sur
le jet des
Bombes.

de son temps, & les Bastions tres-petits. L'attaque se faisoit alors le plus souvent au milieu de la courtine : ainsi il étoit bon de disposer le flanc de cette forme , afin que ces pieces pussent non seulement les flanquer, mais tirer même dans le dos des breches que l'on y auroit faites : à quoy les flancs arondis en dedans font un merveilleux effet, contenant plus de pieces tournées vers la Courtine que les flancs en ligne droite.

Mais apresent que les attaques se font aux faces des Bastions, il me semble que le Canon des flancs doit être principalement tourné de leur côté, & que ceux qui ne voient que la courtine ne sont pas de grand usage : Auquel cas il est faux de dire qu'un flanc arondi contienc plus de Canons voyans la face opposée, qu'un flanc droit ; Et cet usage à mon sens, ne sert qu'à ôter du terrain dans la gorge du Bastion en la resserrant, à diminuer la défense en l'allongeant, & à augmenter inutilement la dépence.



CHAPITRE V.

Equerre des Canoniers inventée par Tartaglia.

LIV. I.
CHAP. V.
Equerre des
Canoniers in-
ventée par
Tartaglia.

C'EST encore le même *Tartaglia* qui est l'Inventeur de l'Equerre des Canoniers dont voici la figure.



Elle a deux bras attachés à angles droits ; dont l'un est plus long que l'autre , afin de pouvoir entrer dans l'ame de la piece que l'on veut pointer. Les bras sont enfermés d'un quart de Cercle, dont le centre est au point où ils sont joints , & où il a un filet attaché avec un plomb,

B ij

12 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. V.
Equerre des
Canoniers
inventée par
Tartaglia.

Le quart de Cercle est divisé en 12 parties égales à commencer du côté du plus petit bras : ces parties s'appellent des *points*, & chaque point est encore divisé en 12 autres particules que l'on appelle des *minutes* : & par ce moyen le quart de Cercle entier est divisé en 144 parcelles.

L'usage de l'Equerre est de mesurer les différentes elevations d'une piece d'Artillerie ou d'un mortier : car mettant le bras le plus long A E dans l'ame du Canon, le plomb tombant perpendiculairement, marque par son filet le point de l'elevation sur le bord du Quart de Cercle. Comme si l'on suppose que la piece soit élevée suivant la ligne droite EA, & que la droite EF soit mené parallèle à l'horizon ; il est aisé de demonter que l'angle de l'Elevation FEA, est égal à l'angle CAD qui est marqué par le nombre des points compris entre le bras C de l'Equerre & le filet A D.

Il y a apparence que Tartaglia a crû que les différentes étendues des coups de Canon ou de mortier suivant leurs différentes elevations, croissoient ou décroissoient à proportion des points de son Equerre ; C'est à dire qu'un coup d'une piece pointée au quatrième point alloit quatre fois plus loin, que lors qu'elle étoit pointée au premier point ; & deux fois plus loin que lors qu'elle étoit seulement élevée au deuxième. Car je ne voy pas que la division

de cet instrument puisse être d'aucun autre usage.

Mais il a été bien trompé s'il a été persuadé que les portées d'une piece s'augmentoient ou diminuoient suivant cet ordre, puisque nous sçavons par la raison & par l'expérience, qu'elles suivent une proportion infiniment éloignée de celle-là.

LIV. I.
CHAP. V.
Equerre des
Canoniers in-
ventée par
Tartaglia.

CHAPITRE VI.

Autres découvertes de Tartaglia.

IL est néanmoins le premier qui se soit aperçu, qu'il étoit absolument impossible qu'il y eut aucun endroit dans toute l'étendue de la ligne, que le boulet ou la bombe décrit par son passage dans l'air, fut en ligne droite, & qu'il falloit nécessairement que cette ligne fut courbe en toutes ses parties.

CHAP. VI.
Autres décou-
vertes de Tar-
taglia.

C'est le même qui a dit le premier que les coups tirés à l'élevation du sixième point de son Equerre qui repond à l'angle de 45 degrez, étoient ceux dont la portée étoit de plus grande étendue, & qu'ils alloient plus loin non seulement que les coups tirés lors que la piece étoit moins élevée comme au quatrième ou au cinquième point, mais que ceux même qui paroient d'une élévation au dessus comme au sep-

L I V. I.
CHAP. VI.
Autres décou-
vertes de Tar-
raglia

tième ou huitième point & même plus haut. Il dit que les Canoniers de son temps étoient persuadés que les coups tirés à deux points au dessous du sixième, étoient plus grands que ceux du sixième ; mais qu'ils en avoient été desabusés par sa doctrine & par l'expérience, après une gageure faite à Verone en l'année 1532, où l'on tira deux coups d'une Coulevrine de vingt livres chargée également de poudre & de balle, l'un sur l'élevation du sixième point, & l'autre sur celle de deux points au dessous.

Il avouë qu'il n'étoit pas présent à l'expérience & que ce qu'il dit de l'étendue de chaque coup, n'est que sur le rapport des autres, qui lui firent entendre que le premier coup au sixième point avoit porté à la longueur de 1972 perches Veroneses qui sont à peu près égales à nos toises, & l'autre coup au deuxième point au dessous du sixième, à la longueur de 1872.

Surquoy il fait cette reflexion qu'il faut dans la supputation de ces deux nombres, qu'il y soit arrivé de trois choses l'une ; ou que l'on n'ait pas mesuré exactement l'étendue de ces deux coups ; ou que l'on ne la lui ait pas rapportée au juste ; ou que la piece au second coup ait été plus chargée ou de meilleure poudre qu'au premier : parce, dit-il, que la raison lui fait connoître que la portée du second coup ne devoit pas être si grande à proportion du premier.

S'il avoit marqué de combien elle devoit être moindre, nous pourrions tirer quelque conoissance de ses sentimens ; Mais il ne dit rien de plus.

L I V. I.
CHAP. VI.
Autres décou-
vertes de Tar-
taglia.

Ce qu'il dit néanmoins que le second coup ne devoit pas être si grand, est véritable ; car l'angle droit de l'Equerre étant partagé en 12 parties égales, chaque point contient $7\frac{1}{2}$ deg., & partant l'élevation à deux points au dessous du sixième est à 15 deg. sous le demy droit, c'est à dire à 30 deg. ; suivant laquelle la portée ne devoit être au vrai que de 1710 perches, si celle de 45 deg. avoit été de 1972.

Cette différence si notable me fait conjecturer qu'il y a faute au texte de l'Auteur, & qu'au lieu de deux points au dessous du sixième, il faut lire un point au dessous du sixième ; Car la portée du second coup de 1872 perches, supposé que celle du premier coup à l'élevation de 45 degrés fut de 1972, demande l'élevation de près de 36 deg., qui n'est pas éloignée de celle du cinquième point de l'Equerre, qui est un point au dessous du sixième.

Supposant donc, ce qui est très véritable, que les différentes étenduës des coups de volée ne suivent point du tout la proportion des points de l'Equerre de Tartaglia ; il paroît que pour s'en servir avec quelque utilité, il faudroit que le Canonier éprouvât sa pièce élevée à tous les

LIV. I.
CHAP. VI.
Autres d. cou-
vertes de Tar-
taglia.

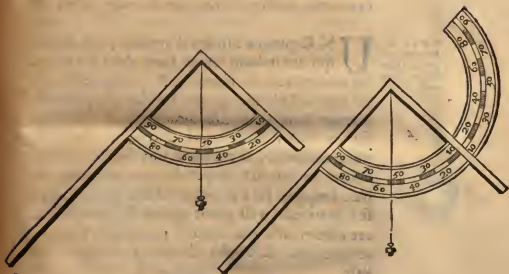
points & même à toutes les minutes de son Equerre, & qu'ayant exactement mesuré toutes les portées, il se souvint précisément de chacune pour s'en servir quand il auroit besoin de la faire chasser à une distance égale. Deplus il faudroit qu'il se souvint de donner toujours la même charge & la même poudre à sa piece; autrement les experiences seroient inutiles. Et ce qui est de plus incomode, c'est qu'elles ne lui pourroient servir en aucune maniere pour les coups tirés d'une autre piece; sur laquelle il faudroit qu'il fit de nouvelles épreuves. Desorte que comme il est moralement impossible de faire un art sur la supposition de tant & de si differentes experiences, & dont il est même tres-difficile de se souvenir; Il paroît que cet instrument ne sert à proprement parler qu'à faire parade d'une fausse capacité.

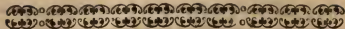
L'utilité que les plus habiles d'entr'eux ont accoutumé d'en tirer, est de remarquer au juste l'élevation des premier coups, qu'ils tirent, comme j'ay dit, sur l'estime de la distance & sur la conoissance qu'il ont à peu près par la pratique de la portée de leur piece ou de leur mortier. Auquel cas l'Equerre ordinairement divisée par degrez est bien plus universelle & peut servir à beaucoup d'autres usages.

Elle est, comme celle de *Tartaglia* composée de deux bras inégaux à angles droits, dont le plus

plus grand sert à mettre dans la piece , ou dans le Mortier. Le quart de Cercle est divisé en 90 degrez à commencer du bras le plus court, & le plomb est attaché par un fillet au centre. Quelques uns font passer l'arc de cercle au dela du plus petit bras , afin de s'en servir pour les coups pointés au dessous du rés de chauffée,

LIV. I.
CHAP. VI.
Autres decouvertes de Targaglia.





LIV. II.

LIVRE SECOND.

*Sentimens des Auteurs modernes sur la nature du
jet des Bombes.*

CHAPITRE PREMIER.

Sentiment de Diego Ufano sur les coups de volée.

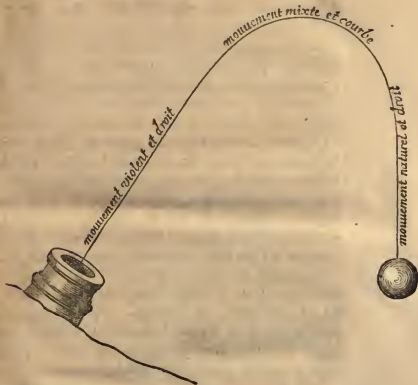
CHAP. I.
Sentiment de
Diego Ufano
sur les coups
de volée.

UN Capitaine Espagnol appelé *Diego Ufano* qui avoit long temps servi dans l'Artillerie aux guerres de Flandre, & particulièrement au siege d'Ostende fit, en l'année 1611, imprimer un livre rempli de beaucoup de doctrine sur ce sujet, dans lequel entr'autres observations curieuses, il enseigne une maniere particuliere de calculer les portées des coups de volée : Laquelle est à la verité subtile & ingenieuse ; mais elle n'est point veritable, parce que cet officier n'a pas conû la nature de la ligne courbe que le boulet décrit en passant dans l'air.

Il y distingue trois mouvemens, dont le premier qu'il appelle violent est en ligne droite, le second qu'il appelle mixte est en ligne courbe, & le troisiéme qu'il appelle mouvement pur ou naturel est aussi en ligne droite. C'est à

dire qu'il conçoit que la force de la poudre
 communique au boulet un mouvement qui le
 porte en ligne droite suivant la direction de la
 piece tant que cette force est assez grande ;

LIV. II.
 CHAP. I.
 Sentiment de
 Diego Ufano
 sur les coups
 de volée.



mais lors que se rallentissant elle vient à être
 égallée par la pesanteur du boulet, la direction
 de la ligne se change, & elle devient courbe

LIV. II.
CHAP. I.
Sentiment de
Diego Uiano
sur les coups
de voûte.

par le mélange des deux impressions : Et cette courbe devient droite & perpendiculaire lorsque la pesanteur, ayant entièrement surmonté & même effacé la force imprimée par le feu, elle se trouve en liberté de porter le boulet en ligne droite vers le centre de la terre.

Ce sentiment lui est commun avec la plupart des Ingenieurs & Canoniers Italiens & Allemands, qui n'ont pas compris que la gravité d'un corps n'est jamais oisive ; & que quelque violente que puisse être l'impression du feu du Canon qui porte le boulet suivant la direction de la piece, elle n'empêche pourtant point que le boulet au sortir de sa bouche, ne se porte toujours vers le centre de la terre avec les mêmes degrés de vitesse, dans les mêmes proportions des temps, & par les mêmes intervalles, que s'il tomboit de lui-même ou de son propre poids sans être autrement transporté. Et ce mouvement de cheute étant différent de celui de l'impression, il altere nécessairement la ligne de la direction du boulet, laquelle par ce moyen ne peut jamais être droite comme ils le prétendent. Mais cette matiere sera cy-après expliquée plus particulièrement.

CHAPITRE II.

Decouvertes du même Ufano.

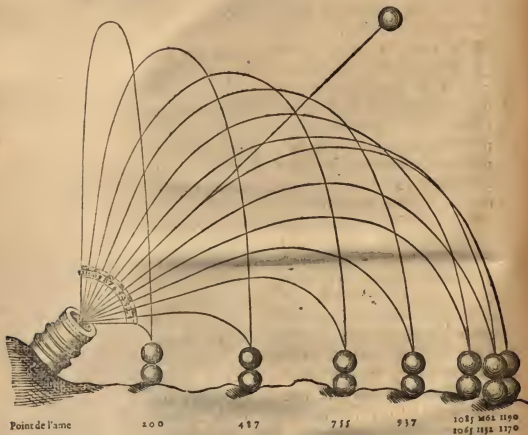
DIEGO UFANO est néanmoins un des premiers qui aient scû que les portées des coups tirés sous l'élévation des points de l'Equerre également éloignez du sixième, étoient égales. C'est à dire qu'une piece de Canon ou un mortier pointé au septième point chassoit justement autant que lors qu'il étoit pointé au cinquième, & au huitième autant qu'au quatrième. Et ainsi des autres.

Voici une de ses figures ou les chiffres des portées sont tirés de ses Tables dont nous parlerons cy-après. Il y a des fautes considerables dans ceux de la figure de son livre que j'ay corrigées dans celle-ci, ou j'ay mis les portées à peu près dans la distance qu'elles doivent être à proportion des nombres qui leur repondent; ce qui n'est pas dans celle de l'Auteur où les portées sont éloignées également l'une de l'autre. Sa plus grande portée au sixième point n'est marquée que de 1170 pas, au cinquième de 1132, & au quatrième de 1065; au lieu desquels nombres j'ay mis 1190 pas pour le sixième point, 1162 pour le cinquième, & 1085 pour le quatrième. Je diray les raisons de ce changement lors que j'auray expliqué la me-

22 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. II.
Deconvertes
du même
Ufaro.

tode generale qu'il enseigne pour calculer les portées.



Outre les nombres qu'il donne pour les coups élevés aux points de l'Equerre de Tartaglia, il donne une suite entière pour les elevations

à chaque degré, dans laquelle supposant, comme il a fait dans sa figure, que la portée du coup de point en blanc, qu'il appelle le point de l'arme, soit de 200 pas à $2\frac{1}{2}$ pieds pour pas; Il dit qu'à l'élévation d'un degré elle sera de 244 pas; à celle de 2 degrés de 287. &c. ce que j'ay réduit en cette table; dans laquelle il paroît, comme j'ay dit, qu'il a pris les nombres qui sont dans sa figure. Car le premier est en l'un & en l'autre pour le coup de point en blanc; Le second au premier point de l'Equerre, qui est élevé à $7\frac{1}{2}$ degrés répond seulement au 7 deg., de la table; Le troisième au second point répond, comme il faut, au 15 deg.; Le quatrième sur le troisième point qui est élevé à $22\frac{1}{2}$ deg., répond au 22; Le cinquième sur le quatrième point, répond aussi, comme il faut, à 30 deg.; Le sixième sur le cinquième point élevé à $37\frac{1}{2}$ degré; répond à

TABLE D'UFANO.
degr. portées.

LIV. II.
CHAP. II.
Decouvertes
du même
Ufano.

0 200 pas.		
1	144	44
2	187	41
3	229	42
4	270	41
5	410	40
6	449	39
7	487	38
8	524	37
9	560	36
10	595	35
11	629	34
12	662	33
13	694	32
14	725	31
15	755	30
16	784	29
17	812	28
18	839	27
19	865	26
20	890	25
21	914	24
22	937	23
23	959	22
24	980	21
25	1000	20
26	1019	19
27	1037	18
28	1054	17
29	1076	16
30	1095	15
31	1113	14
32	1132	13
33	1154	12
34	1171	11
35	1187	10
36	1204	9
37	1222	8
38	1239	7
39	1255	6
40	1270	5
41	1284	4
42	1297	3
43	1309	2
44	1320	1
45	1331	1

LIV. II.
CHAP. II.
Decouvertes
du même
Ufano.

37 ; & le dernier sur le sixième point élevé à 45 deg. répond à 44 deg.

Cette table à des défauts. Le premier est que donnant une assez grande étendue à la portée de point en blanc, il en donne autant à celle du douzième point de l'Equerre, c'est à dire lors que la piece est pointée perpendiculairement ; Ce qui est impossible. Car quoy que l'étendue de point en blanc puisse être aucunement considerable, tant parce que la piece est ordinairement quelques pieds au dessus du rez de chaussée, qu'à cause que la poudre élève le boulet au dedans de l'ame du Canon, & fait que sortant de la bouche il est naturellement porté en haut ; comme nous l'expliquerons mieux cy-après ; l'on ne peut pas dire néanmoins que le boulet d'une piece pointée à plomb puisse monter autrement qu'à plomb & descendre par un autre chemin que celui par lequel il est monté.

L'autre défaut est que les nombres ne se suivent pas par tout avec proportion, & particulièrement depuis le nombre qui répond au 29 deg. ; car dans tous les chiffres de la table il paroit que leurs differences diminuent également & qu'ils sont moins éloignés l'un de l'autre à mesure qu'il répondent à plus grand nombre de degrez ; cependant la difference des deux nombres 1037 & 1044 qui répondent à 27 & 28 deg.,

deg. n'est que 7 ; celle des nombres 1044 & 1050 repondans à 28 & 29 deg. n'est que 6 ; qui sont l'une & l'autre beaucoup moindres que la difference des deux nombre suivans 1050 & 1065 repondans à 29 & à 30 deg. , qui est 15.

LI V. II.
CHAP. II.
Decouvertes
du même
Ufano.

Un autre défaut est qu'il ne donne rien pour l'étenduë de la plus grande élévation de 45 deg ; Il dit seulement qu'elle doit être d'un pas plus grande que celle de 44 deg. ; & comme la difference des portées à l'élévation de 43 & 44 degrés n'est aussi que d'un pas , il s'ensuit que ces differences sont égales, c'est à dire hors de la proportion de toutes les autres.

Tout ceci me fait presumer que ni les nombres de cette table ni la regle qui les a produits , ne sont point de l'invention de cet Auteur ; & qu'il peut être que lui ayant été communiqué d'ailleurs , il les a transcrits sans les bien entendre & avec assez de desordre ; ce qui se conoitra encore mieux dans la suite.

CHAPITRE III.

Pratique d'Ufano examinée.

VOICy cependant cette regle ou pratique , que j'appelle fort ingenieuse , & qu'il nous donne pour calculer l'étenduë de de tous les coups de volée en toutes sortes d'é-

CHAP. III.
Pratique d'U-
fano exami-
née.

LIV. II.
CHAP. III.
Pratique d'U-
sano exami-
née.

levation. Il fait premierement l'épreuve de sa piece à l'élevation d'un degré, qu'il appelle à raz de metal, dont il mesure l'étendue. Il en divise le nombre des mesures par 50 & multiplie le quotient par 11; Le produit est ce qu'il nomme la *totale progression*, laquelle il faut ajouter au premier nombre pour avoir l'étendue du coup à l'élevation de 2 deg., & ainsi de suite, en le diminuant néanmoins à chaque fois d'un autre nombre qui lui vient en divisant cette totale progression par 44.

Ainsi supposant, comme il dit, que sa piece élevée à raz de metal ou à un degré, ait porté à 1000 pas; il divise 1000 par 50, & le quotient qui est 20 multiplié par 11, donne 220 pour le nombre qu'il appelle la *totale progression*, qu'il faut toujours ajouter de degré en degré, le diminuant toute fois à chacun du nombre de 5 qui vient de la division de 220 par 44.

Ceci posé : l'élevation d'un degré donnant 1000 pas; celle de deux degrez donnera 1220; celle de 3 deg. 1435, qui vient en ajoutant 220 moins 5 ou 215 au precedent 1220; celle de 4 deg. 1645 fait en ajoutant 215 moins 5 ou 210 au precedent 1435; Celle de 51 degré 1850 provenant de l'addition de 210 moins 5 ou 205 au precedent 1645; Et ainsi des autres. Dont j'ay fait la table suivante, dans laquelle j'ay mis non seulement les degres depuis un jusqu'à 45 en mon-

tant. Mais même ceux qui leur repondent de-
puis 90 jusqu'à 45 en descendant. J'ay aussi mis
à côté les differences qui diminuent de cinq à
chaque degré.

LIV. II.
CHAP. III.
Pratique d'U-
fano exami-
née.

La table precedente a été tirée de la même
regle, ce que Ufano n'a peut-être pas compris;
il faut seulement poser que la portée de 200 pas
qu'il dit être celle de but en blanc, & qu'il
appelle le point de l'ame, est celle de l'élevation
d'un degré ou à raz de metal; Car par ce
moïen divisant 200 par 50 & multipliant le quo-
tient 4 par 11, vous aurez 44 pour le nombre de
la totale progression, lequel étant divisé par 44
donne 1 pour le nombre qu'il faut ôter de la
progression à chaque degré.

Ainsi posant 200 pour 1 degré, nous aurons
244 pour 2 degrez; & pour 3 degrez 287 qui
vient de l'addition de la progression 44 moins
1 ou 43, au nombre precedent 244; Pour 4 de-
grez 329 en ajoutant 43 moins 1 ou 42, au pre-
cedent 287; & pour 5 degrez 370 en ajoutant
42 moins 1 c'est à dire 41, au nombre prece-
dent 329; Et ainsi des autres.

Par ce moyen l'on conoît la plus grande éten-
duë à l'élevation de 45 deg. proportionnée à
toutes les autres. Deplus l'on decouvre l'erreur
qui s'est faite dans la suite des nombres de la
table de l'Auteur, qui repondent au 29 deg.:
Car au lieu de 1044 qui n'est éloigné que de 7

28 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. III.
Pratique d'U-
fano exau-
née,

TABLES SUR L'HYPOTHESE D'UFANO.

deg.	portées	diff.	deg.	portées	diff.
90	0	0	0	0	0
89	1	1000	0	1	1000
88	2	1120	1	2	1120
87	3	1241	2	3	1241
86	4	1361	3	4	1361
85	5	1480	4	5	1480
84	6	1598	5	6	1598
83	7	1715	6	7	1715
82	8	1831	7	8	1831
81	9	1946	8	9	1946
80	10	2060	9	10	2060
79	11	2173	10	11	2173
78	12	2285	11	12	2285
77	13	2396	12	13	2396
76	14	2506	13	14	2506
75	15	2615	14	15	2615
74	16	2723	15	16	2723
73	17	2830	16	17	2830
72	18	2936	17	18	2936
71	19	3041	18	19	3041
70	20	3145	19	20	3145
69	21	3248	20	21	3248
68	22	3350	21	22	3350
67	23	3451	22	23	3451
66	24	3551	23	24	3551
65	25	3650	24	25	3650
64	26	3748	25	26	3748
63	27	3845	26	27	3845
62	28	3941	27	28	3941
61	29	4036	28	29	4036
60	30	4130	29	30	4130
59	31	4223	30	31	4223
58	32	4315	31	32	4315
57	33	4406	32	33	4406
56	34	4496	33	34	4496
55	35	4585	34	35	4585
54	36	4673	35	36	4673
53	37	4760	36	37	4760
52	38	4846	37	38	4846
51	39	4931	38	39	4931
50	40	5015	39	40	5015
49	41	5098	40	41	5098
48	42	5180	41	42	5180
47	43	5261	42	43	5261
46	44	5341	43	44	5341
45	45	5420	44	45	5420
44	46	5498	45	46	5498
43	47	5575	46	47	5575
42	48	5651	47	48	5651
41	49	5726	48	49	5726
40	50	5800	49	50	5800
39	51	5873	50	51	5873
38	52	5945	51	52	5945
37	53	6016	52	53	6016
36	54	6086	53	54	6086
35	55	6155	54	55	6155
34	56	6223	55	56	6223
33	57	6290	56	57	6290
32	58	6356	57	58	6356
31	59	6421	58	59	6421
30	60	6485	59	60	6485
29	61	6548	60	61	6548
28	62	6610	61	62	6610
27	63	6671	62	63	6671
26	64	6731	63	64	6731
25	65	6790	64	65	6790
24	66	6848	65	66	6848
23	67	6905	66	67	6905
22	68	6961	67	68	6961
21	69	7016	68	69	7016
20	70	7070	69	70	7070
19	71	7123	70	71	7123
18	72	7175	71	72	7175
17	73	7226	72	73	7226
16	74	7276	73	74	7276
15	75	7325	74	75	7325
14	76	7373	75	76	7373
13	77	7420	76	77	7420
12	78	7466	77	78	7466
11	79	7511	78	79	7511
10	80	7555	79	80	7555
9	81	7600	80	81	7600
8	82	7643	81	82	7643
7	83	7685	82	83	7685
6	84	7726	83	84	7726
5	85	7766	84	85	7766
4	86	7805	85	86	7805
3	87	7843	86	87	7843
2	88	7880	87	88	7880
1	89	7916	88	89	7916
0	90	7951	89	90	7951

deg.	portées	diff.	deg.	portées	diff.
90	0	0	0	0	0
89	1	1000	0	1	1000
88	2	1120	1	2	1120
87	3	1241	2	3	1241
86	4	1361	3	4	1361
85	5	1480	4	5	1480
84	6	1598	5	6	1598
83	7	1715	6	7	1715
82	8	1831	7	8	1831
81	9	1946	8	9	1946
80	10	2060	9	10	2060
79	11	2173	10	11	2173
78	12	2285	11	12	2285
77	13	2396	12	13	2396
76	14	2506	13	14	2506
75	15	2615	14	15	2615
74	16	2723	15	16	2723
73	17	2830	16	17	2830
72	18	2936	17	18	2936
71	19	3041	18	19	3041
70	20	3145	19	20	3145
69	21	3248	20	21	3248
68	22	3350	21	22	3350
67	23	3451	22	23	3451
66	24	3551	23	24	3551
65	25	3650	24	25	3650
64	26	3748	25	26	3748
63	27	3845	26	27	3845
62	28	3941	27	28	3941
61	29	4036	28	29	4036
60	30	4130	29	30	4130
59	31	4223	30	31	4223
58	32	4315	31	32	4315
57	33	4406	32	33	4406
56	34	4496	33	34	4496
55	35	4585	34	35	4585
54	36	4673	35	36	4673
53	37	4760	36	37	4760
52	38	4846	37	38	4846
51	39	4931	38	39	4931
50	40	5015	39	40	5015
49	41	5098	40	41	5098
48	42	5180	41	42	5180
47	43	5261	42	43	5261
46	44	5341	43	44	5341
45	45	5420	44	45	5420
44	46	5498	45	46	5498
43	47	5575	46	47	5575
42	48	5651	47	48	5651
41	49	5726	48	49	5726
40	50	5800	49	50	5800
39	51	5873	50	51	5873
38	52	5945	51	52	5945
37	53	6016	52	53	6016
36	54	6086	53	54	6086
35	55	6155	54	55	6155
34	56	6223	55	56	6223
33	57	6290	56	57	6290
32	58	6356	57	58	6356
31	59	6421	58	59	6421
30	60	6485	59	60	6485
29	61	6548	60	61	6548
28	62	6610	61	62	6610
27	63	6671	62	63	6671
26	64	6731	63	64	6731
25	65	6790	64	65	6790
24	66	6848	65	66	6848
23	67	6905	66	67	6905
22	68	6961	67	68	6961
21	69	7016	68	69	7016
20	70	7070	69	70	7070
19	71	7123	70	71	7123
18	72	7175	71	72	7175
17	73	7226	72	73	7226
16	74	7276	73	74	7276
15	75	7325	74	75	7325
14	76	7373	75	76	7373
13	77	7420	76	77	7420
12	78	7466	77	78	7466
11	79	7511	78	79	7511
10	80	7555	79	80	7555
9	81	7600	80	81	7600
8	82	7643	81	82	7643
7	83	7685	82	83	7685
6	84	7726	83	84	7726
5	85	7766	84	85	7766
4	86	7805	85	86	7805
3	87	7843	86	87	7843
2	88	7880	87	88	7880
1	89	7916	88	89	7916
0	90	7951	89	90	7951

du precedent 1037, il faut mettre 1054 afin que la difference soit 17; & au lieu de 1050 qui vient après, il faut mettre 1070; Et 1085 au lieu de 1065; & ainsi des autres, comme on le voit dans la seconde Table que j'ay corrigée & faite pour ce sujet, ou les nombres & les differences sont marquées.

J'ay dit que cette regle étoit subtile & ingénieuse, mais qu'elle n'étoit point véritable; Parce que l'on a reconnu par l'expérience & par la raison, que les coups de volée d'un Canon ou d'un mortier selon les différentes élévations, suivent une proportion beaucoup éloignée de celle-cy. Car posé que le coup au premier degré soit de 1000 mesures; Il sera de 2000 à deux degrez qui est bien loin de 1220; de 2991 au troizième deg. au lieu de 1435; de 28653 au quarante cinquième deg. qui est plus de cinq fois 5950 & ainsi des autres.

Ainsi posant que le coup au premier degré soit de 200 pas; au second il sera de 400 & non pas de 244; au troizième de 595 au lieu de 287; au quarante-cinquième de 5730 au lieu de 1190; Et ainsi du reste, dont j'ay mis ici les deux tables par avance, afin que les comparant aux précédentes, l'on en puisse mieux reconnoître les defauts; qui paroîtront encore plus clairement, lors que l'on aura bien compris ce que je diray cy-après de la nature du mouvement.

30 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

PORTÉES VÉRITABLES SUR LES POSITIONS D'USANO.

LIV. II.
CHAP. III.
Pratique d'U-
sano exami-
née.

degrés portées

90	0	0
89	1	1000
88	2	1000
87	3	1001
86	4	1926
85	5	4974
84	6	7957
83	7	6911
82	8	7897
81	9	8854
80	10	9799
79	11	10711
78	12	11107
77	13	12159
76	14	11449
75	15	14127
74	16	15126
73	17	16021
72	18	16842
71	19	17642
70	20	18412
69	21	19175
68	22	19897
67	23	20605
66	24	21292
65	25	22042
64	26	22770
63	27	23480
62	28	24174
61	29	24851
60	30	25511
59	31	26158
58	32	26797
57	33	27417
56	34	28022
55	35	28612
54	36	29192
53	37	29752
52	38	30302
51	39	30842
50	40	31372
49	41	31892
48	42	32402
47	43	32902
46	44	33392
45	45	33872
44	46	34342
43	47	34802
42	48	35252
41	49	35692
40	50	36122
39	51	36542
38	52	36952
37	53	37352
36	54	37742
35	55	38122
34	56	38492
33	57	38852
32	58	39202
31	59	39542
30	60	39872
29	61	40192
28	62	40502
27	63	40802
26	64	41092
25	65	41372
24	66	41642
23	67	41902
22	68	42152
21	69	42392
20	70	42622
19	71	42842
18	72	43052
17	73	43252
16	74	43442
15	75	43622
14	76	43792
13	77	43952
12	78	44102
11	79	44242
10	80	44372
9	81	44492
8	82	44602
7	83	44702
6	84	44792
5	85	44872
4	86	44942
3	87	45002
2	88	45052
1	89	45092
0	90	45122

degrés portées.

90	0	0
89	1	100
88	2	400
87	3	791
86	4	797
85	5	994
84	6	1190
83	7	1186
82	8	1578
81	9	1770
80	10	1958
79	11	2146
78	12	2272
77	13	2510
76	14	2688
75	15	2864
74	16	3016
73	17	3204
72	18	3388
71	19	3528
70	20	3682
69	21	3834
68	22	3978
67	23	4120
66	24	4258
65	25	4388
64	26	4514
63	27	4636
62	28	4750
61	29	4860
60	30	4962
59	31	5058
58	32	5150
57	33	5234
56	34	5312
55	35	5384
54	36	5450
53	37	5508
52	38	5560
51	39	5604
50	40	5642
49	41	5674
48	42	5698
47	43	5716
46	44	5726
45	45	5734
44	46	5740
43	47	5744
42	48	5746
41	49	5748
40	50	5750
39	51	5751
38	52	5752
37	53	5753
36	54	5754
35	55	5755
34	56	5756
33	57	5757
32	58	5758
31	59	5759
30	60	5760
29	61	5761
28	62	5762
27	63	5763
26	64	5764
25	65	5765
24	66	5766
23	67	5767
22	68	5768
21	69	5769
20	70	5770
19	71	5771
18	72	5772
17	73	5773
16	74	5774
15	75	5775
14	76	5776
13	77	5777
12	78	5778
11	79	5779
10	80	5780
9	81	5781
8	82	5782
7	83	5783
6	84	5784
5	85	5785
4	86	5786
3	87	5787
2	88	5788
1	89	5789
0	90	5790

4 5. 28655

4 5. 5770

CHAPITRE IV.

*Pratique de Louis Collado examinée.*LIV. II.
CHAP. IV.
Pratique de
Louis Colla-
do examinée.

LA pratique manuelle de l'Artillerie de Louis Collado Ingenieur du Roy d'Espagne dans le Milanois , avoit été imprimée quelque temps avant le livre de Diego Ufano dont nous venons de parler. Cet auteur fait un Chapitre dans son troisiéme livre , de la maniere de tirer des balles avec le mortier ; dans lequel il explique principalement la necessité qu'il y a d'en fortifier les affuts , à cause que les mortiers ne reculant point comme les pieces de Canon , c'est aux affuts à porter tout l'effort du coup. Puis ayant fait voir comme il faut les charger , il dit que leur usage n'est point pour battre des murailles ny pour tirer de point en blanc , mais bien pour élever de telle maniere la balle en haut par un mouvement violent & forcé , que venant à tomber de son mouvement naturel , elle puisse nuire aux ennemis dans l'endroit que l'on desire ; ce qui ne se fait , dit-il , que par le moyen des *points de l'Equerre* & donnant à la piece ou au mortier l'élevation que demande la chose à laquelle on tire , qui est une pratique que l'on laisse au jugement d'un bon Canonier.

L. I. V. II.
CHAP. IV.
Pratique de
Louis Collado
examinée.

Il croyoit ce que la plûpart des Canoniers ont crû devant & après lui , que le boulet au sortir de la bouche du Canon marchoit en ligne droite tant que la force de l'impression de la poudre étoit plus grande que celle de sa pesanteur , & qu'il décriroit une ligne courbe aussi-tôt que le poids pouvoit contrebalancer la force mouvante ; laquelle courbe degeneroit enfin en ligne droite & perpendiculaire , quand le poids se trouvoit le plus fort. Il a sçu que la plus grande portée d'une piece étoit au fixième point de l'Equerre ; mais il a crû que celles des points au dessus étoient moindres que celles des points qui leur repondent au dessous.

Il rapporte même une experience , qu'il a faite avec un fauconneau de trois livres de bal- le élevé suivant les divers points de l'Equerre , sur laquelle il conseille les Canoniers de se régler pour les portés de toutes leurs pieces. Il dit donc que son fauconneau pointé à niveau de l'ame à chassé 368 pas ; au premier point de l'Equerre 326 pas au dela , qui font , dit-il , en tout 594 ; au second point 200 pas deplus , qui font en tout 794 ; au troisième point 160 pas deplus , & en tout 954 ; au quatrième point 56 pas au dela , & en tout 1010 ; au cinquième point 30 pas deplus , & en tout 1040 ; Et au fixième point seulement 13 pas au dela qui font en tout 1053 pas pour la plus grande portée.

• Il ne rapporte point les nombres des pas des portées de son fauconneau élevé au dessus du sixième point ; il dit seulement qu'au septième point sa balle chût plusieurs pas en deça de la portée du sixième ; au huitième point elle tomba entre la portée du troisième & du second point ; au neuvième point entre celle du second & du premier. Et qu'au dixième point la balle chût tout près de la piece.

L I V. II.
CHAP. IV.
Pratique de
Louis Collado
examinée.

Je ne m'arreteray pas à raisonner sur le rapport de cet Auteur & sur le peu de seurété qu'il y a à ces experiences. Je diray seulement en passant qu'il y a faute dans les chiffres de ses nombres , & qu'il faut qu'au premier point de l'Equerre sa piece n'ait pas chassé , comme il dit , 326 pas plus loin qu'elle n'avoit à niveau de l'ame ; mais seulement 226 pas , parce que 368 & 326 ne font pas , comme il dit , 594 mais bien 694.

CHAPITRE V.

Sentiment de Rivaut de Flurance.

IL parut au commencement de ce siecle un livre des èlemens de l'Artillerie composé par un nommé Rivaut de Flurance , qui pretend demontrer la plûpart des effets du Canon sur les principes de la Philosophie d'Aristote ; il y enseigne une doctrine particuliere pour la disse-

CHAP. V.
Sentiment de
Rivaut de
Flurance.

LIV. II.
CHAP. V.
Sentiment de
Rivaut de
Flurance.

rence des portées d'une piece suivant ses différentes inclinations ; laquelle est tellement éloignée de la verité & de la raison , que je ne voudrois pas m'arrêter à y contredire ; si je ne craignois que l'autorité de celui qui l'a produite , ne peut faire impression sur l'esprit de ceux qui ne sont pas capables d'en bien juger.

Car cet Auteur est le même David Rivaut de Flurance qui nous a depuis donné une traduction Latine des ouvrages Grecs d'Archimede avec quelques commentaires , où il prend le nom de Precepteur du Roy Louïs treize , à qui , comme je crois , il avoit enseigné les Mathématiques.

C'étoit un homme d'une tres-grande Erudition , qui avoit leu une infinité de bons livres , qui avoit une connoissance parfaite de la langue Grecque & des autres langues Orientales : Il avoit étudié plus que mediocrement aux Mathématiques ; Et c'est un malheur pour lui d'avoir entrepris de travailler sur les ouvrages d'Archimede & de n'avoir pas connu que ses forces n'étoient pas suffisantes pour un si grand fardeau.



CHAPITRE VI.

Origine des Arquebuses à vent.

LIV. II.
CHAP. VI.
Origine des
Arquebuses
à vent.

JE crois devoir dire ici en passant qu'il donne dans son livre des éléments de l'Artillerie, la figure & la construction d'une Arquebuse à vent qui avoit été inventée par un nommé *Marin Bourgeois de Lizieux* & présentée au Roy Henry le Grand; afin de desabuser ceux qui ont crû que l'on en devoit le secret à des ouvriers d'Hollande qui en ont débité depuis lui.

CHAPITRE VII.

Pratique de Rivaut examinée.

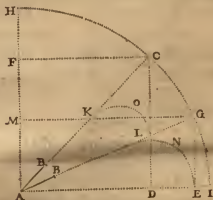
VOICI ce qu'il juge sur la différence des portées du Canon. Il en distingue de trois sortes qu'il appelle *la portée du point en blanc*, *la portée moyenne* & *la portée morte*. La portée du point en blanc est, dit-il, la ligne droite que la balle décrit jusqu'à ce que sa pesanteur commence à vaincre la force mouvante & dekliner en l'arc de sa chute. La portée moyenne est la ligne de la portée de point en blanc conduite droit jusqu'à ce qu'elle rencontre la

CHAP. VII.
Pratique de
Rivaut exami-
née.

LIB. II.
CHAP. VII.
Pratique de
Rivaut exami-
née.

perpendiculaire élevée sur l'horizon au point où la balle est tombée. La portée morte est la distance entre le Canon & le lieu où la balle est tombée à terre. Ce qu'il explique par cette figure.

Le Canon AB est pointé suivant les angles IAC ou IAG : le boulet sortant de sa bouche marche, dit-il, en ligne droite jusqu'en K ou en L, où la pesanteur commençant à vaincre la



force mouvante, il commence à marcher par la ligne courbe KO, ou LN & tomber ensuite aux points D & E; d'où élevant des perpendiculaires DC & EG qui rencontrent en C & en G les droites AK & AL prolongées; il dit que la ligne droite AK ou AL est la portée de point en blanc; AC ou AG la portée moyenne; & AD ou AE la portée morte.

Ensuite après avoir dit que les portées de

point en blanc ne se peuvent conoître que par l'experience & en reculant ou avançant la piece jusqu'à ce qu'étant pointée au niveau de l'ame, elle chasse précisément à un but déterminé ; il suppose par maniere de Petition que la portée moyenne soit la même dans routes les elevations, d'où il conclut que les portées mortes sont entr'elles comme les sinus du complement des angles dans lesquelles la piece est élevée. C'est à dire que la portée AE de la piece élevée en IAG , est à la portée AD de la même piece élevée en IAC , comme le sinus du complement de l'angle IAG , est au sinus du complement de l'angle IAC .

LIV. II.
CHAP. VII.
Pratique de
Rivaux exami-
née.

Car supposé que les droites AC & AG qui sont les portées moyennes, soient égales, ainsi qu'il le demande, le Cercle $IGCH$ decrit du centre A , passera par G & par C ; & les perpendiculaires GE & CD seront les sinus des angles IAG & IAC , & les droites GM & CF seront les sinus de leurs complemens ; mais les droites GM & CF sont égales aux portées mortes AE & AD ; donc les portées mortes sont entr'elles comme les sinus de complement des angles de leurs inclinations. Ce qui est vray sur cette hypothese que les portées moyennes AG & AC soient égales ; Mais comme c'est une supposition fausse, il ne faut pas s'étonner de la fausseté de la conclusion.

LIV. II.
CHAP. VII.
Pratique de
Rivaut ca-
minée.

Et sans m'arrêter à une plus longue discussion, il suffit de prendre garde que par ce raisonnement toutes les portées depuis celle du niveau de l'ame jusqu'à celle du sixième point, vont toujours en diminuant; Car la portée A I du niveau de l'ame est plus grande que la portée A E qui est de la piece élevée par exemple au troisième point; & la portée A E plus grande que A D à l'élevation du sixième point; Et ainsi des autres. Ce qui est absolument faux: Et l'expérience nous fait voir que les portées vont toujours en augmentant jusqu'au sixième point, c'est à dire jusqu'à l'élevation de 45 degrez, après lequel elles diminuent jusqu'à celle de 90 degrez qui est du douzième point de l'Equerre, mais avec une proportion extrêmement éloignée de celle des sinus de complement des angles de leurs inclinations.

CHAPITRE VIII.

Le grand Art de l'Artillerie de Siemienowski.

CHAP. VIII.
Le grand Art
de l'Artillerie
de Siemien-
owski.

CAZIMIR SIEMIENOWSKI Gentilhomme Polonois & autrefois Lieutenant General de l'Artillerie de Pologne, à recherché avec un soin incroyable ce qui pouvoit appartenir à ce sujet, dont il a fait un excellent livre en langue latine appellé *le grand Art de l'Ar-*

tillerie. La premiere partie en a été imprimée en Hollande en l'année 1650, & nous n'aurions peut-être rien à desirer sur cette matiere si la seconde partie avoit été donnée au public. Car il dit dans son avant propos que cette partie est pleine d'une infinité de belles conoissances, dont celles-cy, qui sont à nôtre sujet, ne sont pas les moins considerables ; Promettant d'enseigner à fond l'Art de pointer le Canon & lui donner les elevations ou depressions necessaires pour les faire chasser à une distance donnée, & de sçavoir à quelle distance il portera suivant ses differentes elevations.

Il promet dans le second Livre une doctrine complete des mortiers, de leur origine, de leurs diverses figures, de leur usage, & des tables pour la proportion des portées en toutes sortes d'elevations. Mais toutes ces belles assurances sont vaines si cette seconde partie ne tombe un jour entre les mains de quelque personne qui veuille bien que le public en profite.

LIV. II.
CHAP. VIII.
Le Grand Art
de l'Artillerie
de Siemieno-
vski.

CHAPITRE IX.

Pratique de Daniel Elrich examinée.

JE pensois avoir recouvré ce tresor dans un Livre qui me fut dernièrement envoyé du Grand Art de l'Artillerie traduit en Allemand

CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrich
examinée.

LIV. II.
CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrich
examinée.

avec un supplément de la seconde partie, que je croïois être celle que l'Auteur nous avoit promise : Mais je me suis trouvé bien loin de mes esperances, lors qu'en le lisant j'ay connu que ce supplément n'étoit pas de Siemienowski, mais d'un autre appelé Daniel Elrich Maître Canonier ou Capitaine d'Artillerie de la Ville de Francfort sur le Mein, où ce Livre a été imprimé en l'année 1676.

Ce n'est pas qu'il n'y ait beaucoup de bonnes choses dans cet Ouvrage ; mais au sujet des Bombes, il n'y a rien qui puisse nous satisfaire. Quoique, dans le sixième Chapitre de son sixième Livre, il dise que pour se servir utilement du mortier, il y faut employer l'Equerre, qui dans sa figure est un Quart de Cercle divisé en 90 degrés qu'il appelle points de 10 en 10. Pour cet effet il veut que l'on fasse une croix de deux tringles de bois polies, à angles droits l'une sur l'autre, & égales au diamètre du mortier, pour pouvoir être placée horizontalement à fleur de sa bouche ; puis ayant fait un trou dans cette croix, il y fait entrer une pointe qui est à l'un des côtes du quart de cercle continué au dessous de sa circonference, afin que ce côté de l'Instrument soit par ce moïen perpendiculaire à la bouche du mortier, & partant parallele à la ligne de l'ame.

Après quoi il dit que le mortier étant situé à plomb,

LIV. II.
CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrick
examinée.

plomb, la balle tombera à deux ou trois pas de l'af-
fût: Quoy qu'il y en ait, dit-il, qui veulent qu'elle
tombe précisément dans le mortier. Puis l'in-
clinant à l'angle de 10 deg. qu'il appelle le pre-
mier point, la balle s'en éloignera à la distance
de 200 pas; parce, dit-il, qu'il faut donner
20 pas pour chaque degré. A l'onzième degré
220 pas. Au douzième 245. Au treizième
265. Au quatorzième 290. Au quinzième 305.
Au seizième 330. Au dixseptième 345. Au
dixhuitième 370. Au dixneuvième 400. Au vin-
tième 430: Car il faut, dit-il, sçavoir que
le jet devient plus bas à mesure que le mortier
est panché, & chasse par conséquent la balle par
un plus grand Arc. Au troisième point qui est
à 30 deg., la balle tombe à 775 pas. Au quatrié-
me c'est à dire à 40 deg., elle tombe à 935. Et
si le Mortier est incliné à l'angle de 42 degrez,
il fait alors le plus grand des jets de la balle qui
est de 1050 pas. Quand il est panché au delà de
42 deg. jusqu'au sixième point qui est de 60
deg., la portée en est racourcie & la balle tom-
bera comme elle a fait au quatrième point ou
à 40 deg., à la distance de 935 pas. Au septième
point comme au troisième. Au huitième com-
me au premier. Et si on l'incline jusqu'à 90 deg.;
Ce sera, dit-il, *un tir de noyaux*, & la balle ne
s'arrêtera pas seulement dans le mortier en cer-
te situation: Comme le tir à plomb s'éleve con-

LIV. II.
CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrich
examinée.

tinuellement en l'air jusqu'à ce qu'il soit repoussé en arrière par sa pesanteur qui le fait retomber auprès du mortier.

Voilà toute la doctrine de cet Auteur que j'ay voulu comprendre dans cette Table où les portées sont marquées comme il l'ordonne à côté des degrez de l'Equerre. Surquoi il y a diverses choses à considérer. La première est que le jet au douzième degré surpassant celui de l'onzième de 25 pas ; Celui du treizième ne surpassé son precedent au douzième que de 20 pas. Et celui du quatorzième surpassant le treizième de 25 pas ; Celui du quinzième n'excede son precedent au quatorzième que de 15 pas. Ainsi le seizième surpassant le quinzième de 25 pas ; le dixseptième ne surpassé le seizième que de 15 pas. Qui sont des irregularitez que la nature du jet des Bombes ne souffre pas ; qui veut que les distances augmentent toujours dans une certaine proportion depuis 1 degré jusqu'à 45 ; d'où elles diminuent dans le même ordre jusqu'à 90. En second lieu il établit la plus grande portée à l'angle de 42 deg., quoi qu'en effet elle ne soit dans la plus grande étendue qu'à 45. Il paroît enfin qu'il s'est fort trompé quand il dit qu'au sixième point, que l'on ne peut pas prendre autrement qu'à l'angle de 60 deg., la balle tombe à la même distance où elle étoit tombée au quatrième ; Et au septième comme au troizième.

PREMIERE PARTIE.

43

PORTES D'ELRICH. VAAYAS.

LIV. II.
CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrich
examinée.

	degrés	Pas	Pas de 5 pieds	
	1	20	20	$1\frac{1}{2}$
	2	40	40	4
	3	60	61	
	4	80	81	2
	5	100	101	3
	6	120	121	3
	7	140	141	$2\frac{1}{2}$
	8	160	159	$2\frac{1}{2}$
	9	180	180	$2\frac{1}{2}$
1.	10	200	200	
	11	220	219	
	12	245	237	4
	13	265	256	2
	14	290	274	3
	15	305	292	2
	16	330	309	4
	17	345	327	3
	18	370	343	1
	19	400	360	
2	20	430	375	4
3	30	775	506	$2\frac{1}{2}$
4	40	935	575	4
	42	1050	581	3
	45		584	4
6	60	935	506	$2\frac{1}{2}$
7	70	775	375	4
8	80	220	200	

F ij

LIV. II.
CHAP. IX.
Pratique de
Daniel Elrich
examinée.

me. Ce qui est manifestement contraire à la raison & aux expériences, qui marquent que la portée au quatrième point est la même que celle du cinquième; celle du troisième égale à celle du sixième; celle du second à celle du septième; celle du premier à celle du huitième, comme il dit; Et enfin celle du neuvième ou de 90 deg., à celle de 0 c'est à dire à la perpendiculaire.

Et pour faire mieux conoître de combien cette doctrine s'éloigne de la vérité, j'ay ajouté dans cette Table les véritables portées en pas & en pieds à cinq pieds pour pas, que je prens pour pas Geometriques; supposant, comme il a fait, que la portée au premier point, c'est à dire à 10 degrés fut de 200 pas. Où il faut remarquer que je n'ay pas été scrupuleux dans les fractions, que j'ay prises pour rien quand elles se sont trouvées moindres qu'un tiers de pied; pour un pied quand elles ont été au dessus des deux tiers; Et pour un demi pied quand elles se sont rencontrées entre ces deux termes.



CHAPITRE X.

Sentiment de Galée.

LE Perc Mersene Minime rapporte dans un traité qu'il a fait sur cette matiere, qu'il appelle *de la Balistique*, qu'un nommé Galée autre fois Ingenieur de l'Archiduc Albert & du Marquis de Spinola, lui avoit donné un écrit de sa main qui contenoit diverses observations sur les portées du Canon.

Cet homme croyoit, comme plusieurs autres, que le boulet au sortir de la piece faisoit beaucoup de chemin en ligne droite, ce qu'il appelloit la portée de point en blanc; après quoy la route se changeoit en courbe jusqu'à ce qu'il fut à terre. Il appelloit l'étendue entiere depuis la bouche du Canon jusqu'au point de sa chute sur le plan de l'horison la portée morte; & par les experiences qu'il avoit faites il pretendoit que la portée de point en blanc étoit à peu près la moitié de la portée morte.

Il disoit qu'aux gros Canons la portée de point en blanc de niveau, étoit à celle de la plus grande volée, qui se faisoit au sixième point de l'Equerre c'est à dire sous l'angle de 45 degrez, à peu près comme 1 à 11; Q'aux de-

LIV. II.
CHAP. X.
Sentiment de
Gaieté.

mi Canons elle étoit comme 1 à 10 $\frac{1}{2}$; Et qu'aux petites pieces elle n'étoit que comme 1 à 10. D'où il conclut que la portée morte de niveau est à celle de la plus grande volée dans les gros Canons à peu près comme 1 à 6, ou comme 1 à 5 aux petites pieces; Et que la portée de niveau étoit à celle qui seroit faite sur l'élevation d'un degré comme 5 à 6, ou au plus près comme 53 à 67, ou bien comme 14 à 17.

Il assûroit qu'aux coups de la plus grande volée sous l'élevation de 45 degrez, la portée de point en blanc, c'est à dire l'étendue dans laquelle le boulet marche en ligne droite, est à la portée de point en blanc horizontale comme 5 à 1, ou au moins comme 9 à 2. Et que continuant ensuite à monter, sa plus grande hauteur perpendiculaire n'est pas, ainsi que *Tartaglia* la crû, quadruple mais bien près de quintuple de la portée de point en blanc horizontale. Deplus que cette plus grande hauteur perpendiculaire n'est pas éloignée de la bouche du Canon d'une distance seulement sextuple, mais presque septuple de la même portée.

Cet Ingenieur s'est bien douté que la ligne que le boulet décrit dans la plus grande volée étoit ou Hyperbolique ou Parabolique, non pas qu'il eut jamais fait aucun raisonnement approchant des causes & de la nature de cette ligne, mais seulement à l'œil & par la force de ses observations.

Au reste il donne à l'étendue du plus grand coup de volée d'un Canon 16200 pieds; Et comme il suppose ainsi que nous avons dit, que la portée morte horizontale est à cette plus grande portée comme 1 à 6; il sensuit par son calcul que cette portée morte qui se fait de niveau & sans aucune élévation est de 2700 pieds.

LIV. II.
CHAP. X.
Sentiment de
Galée.

CHAPITRE XI.

Pratique de Galée examinée.

Sur ce fondement il fait une table pour les portées d'une piece en toutes sortes d'élévations, qui est encore plus ingénieuse que celle d'Ufano que nous avons expliquée cy-devant, quoy qu'elle ne soit guere plus véritable: Car pour le dire en un mot, toutes ces raisons de bien seance ne quadrent point au genie de la nature.

LIV. II.
CHAP. XI.
Pratique de
Galée exami-
née.

Pour cet effet il ôte l'étendue de la portée morte horizontale, qui est comme il dit de 2700 pieds, de celle de la plus grande volée sous l'élévation de 45 degrés, qui est de 16200 pieds, pour avoir leur difference 13500; laquelle il divise par la somme de tous les nombres qui se suivent depuis 1 jusqu'à 45 c'est à dire par 1035, afin d'avoir $13 \frac{1}{11}$ au quotient, dont il se sert pour faire des soustractions continuelles

48 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. XI.
Pratique de
Gaiée exami-
née,

du nombre 16200, de degré en degré depuis 45 jusqu'à 0 en descendant ou en montant jusqu'à 90.

Ainsi donnant 16200-pieds pour la portée à 45 degrez, il donne à celle de 44 & de 46 degrez 16200 pieds moins $13 \frac{1}{11}$, c'est à dire 16186 $\frac{10}{11}$; Et à la portée sous les angles de 43 & de 47 degrez 16186 $\frac{10}{11}$ moins deux fois $13 \frac{1}{11}$ ou moins 26 $\frac{2}{11}$, C'est à dire 16160 $\frac{10}{11}$; Et à celle des angles de 42 & 48 degrez, 16160 $\frac{10}{11}$ moins trois fois $13 \frac{1}{11}$ ou moins 39 $\frac{3}{11}$, c'est à dire 16121 $\frac{17}{11}$. Et ainsi du reste; en ôtant du nombre des pieds appartenants au precedent degre, le même nombre $13 \frac{1}{11}$ multiplié autant de fois qu'il y a d'unitéz entre 45 & le degre dont on veut avoir le nombre de pieds.

Ainsi pour avoir le repondant à 15 & à 75 degrez, qui est 10134 $\frac{2}{11}$ pieds, il faut ôter du nombre 10426 $\frac{2}{11}$ repondant aux degrez precedants 16 & 74, le nombre 391 $\frac{7}{11}$ produit de la multiplication de $13 \frac{1}{11}$ par 30, (qui est celui des unitéz, comprises entre 15 & 45.) Et pour avoir le nombre des pieds repondans à 26 & à 64 degrez, il ne faut que soustraire 247 $\frac{12}{11}$ produit de la multiplication de $13 \frac{1}{11}$ par 19,) qui est le nombre des unitéz contenuës entre 26 & 45, (du nombre des pieds 13869 $\frac{11}{11}$ repondant aux degrez precedents 27 & 63, afin d'avoir 13621 $\frac{17}{11}$. Et ainsi du reste.

Voici

Voici la table, dans laquelle il y a quatre colonnes, dont les deux premières contiennent les degrez de l'Equerre depuis 45 en descendant jusqu'à 0, & jusqu'à 90 en montant; La seconde contient une suite de nombres en progression Arithmetique dont le moindre & la difference sont $13 \frac{1}{11}$. Les nombres de main gauche, tant dans cette colonne que dans la suivante, sont nombres entiers, & les derniers sont numerateurs de fractions dont le denominateur est toujours 23; d'où vient que 13. 1. qui repond à 45 degrez veut dire $13 \frac{1}{11}$; 26. 2. repondant à 44 & à 46 degrez veut dire $26 \frac{2}{11}$; 104. 8. repondant à 38 & à 52 degrez, fait $104 \frac{8}{11}$; ainsi 16186. 22 repondant dans la quatrième colonne à 44 & à 46 degrez, fait $16186 \frac{22}{11}$; 14104. 8. qui repond à 28 & 62 degrez vaut $14104 \frac{8}{11}$. Et ainsi des autres.

Ces nombres de la troisième colonne sont les differences de ceux qui leur repondent dans la quatrième; il sont, comme nous avons dit, une suite continuelle de progression Arithmetique, dont le premier nombre & la difference est toujours $13 \frac{1}{11}$; & ils naissent de la multiplication de ce nombre par celui des unitez contenues entre 45 degrez & les degrez qui leur repondent; ainsi le premier sous 45 deg. étant $13 \frac{1}{11}$; le second sous 44 & 46 deg. est $13 \frac{1}{11}$ multiplié par 2 c'est à dire $26 \frac{2}{11}$, le troisième sous 43 &

50 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. XI.
Pratique de
Gâche exami-
née.

TABLE DE GALERIE.

TABLE DES VÉRITABLES PORTES.

degrez , differences , portées ,

degrez. poulées.

4 f	+ 1	1 f	1	10 100	pts.	4 f	4 f	16 100	pts.
44	4 6	16	1	16186	21	44	4 6	16190	
41	4 7	19	4	16160	30	41	4 7	16161	
42	4 6	19	4	16121	17	42	4 8	16111	
42	4 8	6 f	5	16060	11	41	4 9	16041	
40	10	76	6	16004	8	40	10	15994	
10	11	91	7	15926	2	10	11	15847	
13	12	104	8	15814	18	13	12	15719	
17	13	117	9	15710	10	17	13	15577	
16	14	130	10	15617	1	16	14	15408	
15	15	141	11	15481	14	15	15	15227	
14	16	150	12	15319	1	14	16	15021	
11	17	169	13	15081	14	11	17	14799	
12	18	182	14	14911		12	18	14561	
11	19	195	15	14710	10	11	19	14301	
10	20	208	16	14514	18	10	20	14019	
19	6 1	221	17	14326	2	19	6 1	13718	
23	6 2	214	18	14104	3	23	6 2	13419	
27	6 1	247	19	13869	17	27	6 1	13124	
26	6 4	260	20	13621	21	26	6 4	12766	
25	6 f	271	21	13460	20	25	6 f	12409	
24	6 6	286	22	13286	22	24	6 6	12018	
21	6 7	300		13200		21	6 7	11617	
22	6 2	311	1	13100		22	6 8	11214	
21	6 9	326	2	13186	22	21	6 9	10819	
20	7 0	339	3	13060	20	20	7 0	10411	
19	7 1	352	4	12921	17	19	7 1	9974	
18	7 2	365	5	12769	11	18	7 2	9509	
17	7 3	378	6	12604	11	17	7 3	9019	
16	7 4	391	7	12426	2	16	7 4	8584	
15	7 5	404	8	12214	28	15	7 5	8100	
14	7 6	417	9	9710	10	14	7 6	7606	
13	7 7	430	10	9111	2	13	7 7	6902	
12	7 8	441	11	8821	14	12	7 8	6189	
11	7 9	456	12	8419	1	11	7 9	6069	
10	8 0	469	13	7982	14	10	8 0	5540	
9	8 1	482	14	7511		9	8 1	5006	
8	8 2	495	15	7010	10	8	8 2	4461	
7	8 3	508	16	6474	12	7	8 3	3919	
6	8 4	521	17	6016	2	6	8 4	3468	
5	8 f	534	18	5544	2	5	8 f	2812	
4	8 6	547	19	4069	11	4	8 6	2217	
3	8 7	560	20	4421	17	3	8 7	1699	
2	8 8	573	21	3860	20	2	8 8	1111	
1	8 9	589	22	3286	22	1	8 9	867	
0	9 0		23	2790	21	0	9 0		

47 deg. est $13 \frac{1}{11}$ multiplié par 3 ou $39 \frac{3}{11}$; Le dixième sous 36 & 54 deg. est $13 \frac{1}{11}$ multiplié par 10 ou $130 \frac{10}{11}$; le vingt deuxième sous 24 & 66 degrez est $13 \frac{1}{11}$ multiplié par 12 ou $156 \frac{12}{11}$. Et ainsi des autres.

La quatrième colonne contient le nombre de pieds compris dans l'étendue de la portée d'une piece élevée suivant les degrez qui leur repondent, posant que le coup de la plus grande volée sous 45 deg. soit de 16200 pieds, & que la portée purement horizontale soit de 2700 pieds. Ainsi la piece élevée suivant l'angle de 15 ou de 75 deg. chassera à la longueur de 10134 $\frac{18}{11}$ pieds, & à la longueur de 13869 $\frac{11}{11}$ si elle est élevée à l'angle de 27 ou 63 degrez.

Ces nombres, comme nous avons dit, naissent de la soustraction continuelle des differences qui leur repondent dans la troisième colonne; Ainsi le second 16186 $\frac{14}{11}$ se fait en ôtant du premier 16200 la difference qui lui repond $13 \frac{1}{11}$; Le troizième 16160 $\frac{20}{11}$ vient du second 16186 $\frac{14}{11}$ dont on a ôté la difference qui lui repond $26 \frac{2}{11}$; Le dixième 15613 $\frac{1}{11}$ se fait en ôtant du neuvième 15730 $\frac{10}{11}$ la difference 117 $\frac{9}{11}$; Le dernier 2700 en ôtant du precedent 3286 $\frac{21}{11}$ la difference 586 $\frac{11}{11}$, & ainsi du reste.

Le même Pere Mersene dit dans la suite que plusieurs personnes sçavantes croïoient que Galée avoit eu cette table d'un autre Ingenieur

LIV. II.
CHAP. XI.
Pratique de
Galée exami-
née.

nommé Cognet. Mais soit qu'elle fut de lui ou d'un autre, pour faire voir de combien elle s'éloigne des véritables portées des pièces. J'ay calculé, sur la même supposition de 16200 pieds pour la plus grande volée de 45 degrés, une autre table qui est sous les proportions que les portées gardent entre elles suivant leurs différentes inclinations; afin que comparant les nombres de ces deux tables, l'on puisse conoître de combien celle de Galée s'éloigne du vray. Où l'on peut voir que leur différence n'est pas fort grande aux élévations des degrez qui sont autour de 45, & qu'elle s'augmente toujours à mesure que les élévations s'approchent de l'horizontale en diminuant, ou de la perpendiculaire en augmentant.

Surquoy il est à remarquer que cet Ingenieur donne à la piece pointée à plomb, ou sous l'angle de 90 deg., la même portée de 2700 pieds qu'il attribue par son calcul à celle qui est pointée de niveau. Ce qui est absurde.

CHAPITRE XII.

Pratique des Bombardiers du Roy examinée.

CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy exami-
née.

LE Roy ayant établi depuis quelques années une compagnie de Bombardiers & voulant les faire instruire dans l'art de jetter les

Bombes , à voulu qu'ils fissent , aux environs de S. Germain en Laye pendant qu'il y tenoit sa Cour, diverses experiences pour ce sujet; sur lesquelles il ont fait à leur maniere diverses observations & tiré des consequences suivant leur raisonnement pour la construction de certaines tables, qui marquent les differentes étenduës des portées selon la difference des elevations du mortier en tous les degrez de l'Equerre depuis 1 jusqu'à 45.

Ils disent donc que le mortier chasse plus ou moins selon qu'il est plus ou moins chargé de poudre. Et qu'un mortier par exemple de douze pouces de calibre chargé dans sa chambre de deux livres de poudre menuë grenée, donne de degré en degré 48 pieds de difference de portées , & pour la plus grande étendue sous l'elevation de 45 deg. 2160 pieds. Le même mortier donnera de degré en degré 60 pieds de difference , s'il est chargé de deux livres & demi de la même poudre , & 2700 pieds pour la plus grande volée. Enfin il donnera 72 pieds de difference de degré en degré , si la charge est de trois livres de poudre menuë grenée , qui est la charge la plus forte de la chambre d'un mortier de douze pouces de calibre ; & à l'elevation de 45 degrez , qui est comme ils disent la plus grande volée , il chassera la Bombe à la distance de 3240 pieds.

LIV. II.
CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy examinée.

54 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy exa-
minée.

TABLES DES BOMBARDIERS POUR UN
mortier de 12 pouces de Calibre.

1. Table à deux livres
de poudre.

deg. portées

f	140 peds.
10	480
11	512 diff.
12	576 48
13	614
14	672
15	720
16	768
17	816
18	864
19	912
20	960
21	1008
22	1056
23	1104
24	1152
25	1200
26	1248
27	1296
28	1344
29	1392
30	1440
31	1488
32	1536
33	1584
34	1632
35	1680
36	1728
37	1776
38	1824
39	1872
40	1920
41	1968
42	2016
43	2064
44	2112
45	2160

2. Table à deux livres
& demi.

deg. portées.

f	160 peds.
17	2120
18	2180 diff.
19	2240 60
20	2300
21	2360
22	2420
23	2480
24	2540
25	2600
26	2660
27	2720
28	2780
29	2840
30	2900
31	2960
32	3020
33	3080
34	3140
35	3200
36	3260
37	3320
38	3380
39	3440
40	3500
41	3560
42	3620
43	3680
44	3740
45	3800

3. Table à trois livres
de poudre.

deg. portées.

f	180 peds.
17	2160
18	2220 diff.
19	2280 72
20	2340
21	2400
22	2460
23	2520
24	2580
25	2640
26	2700
27	2760
28	2820
29	2880
30	2940
31	3000
32	3060
33	3120
34	3180
35	3240
36	3300
37	3360
38	3420
39	3480
40	3540
41	3600
42	3660
43	3720
44	3780
45	3840

Sur ce fondement ils ont fait les tables que
voici. La premiere suppose que la chambre du

mortier est chargée de deux livres de poudre & est depuis 5 degrez jusqu'à 45 ; les nombres de pieds des portées se trouvent en ajoutant 48 pieds au précédent de degré en degré ; ainsi ajoutant 48 à 480 repondant à 10 degré, vous avez 528 pour 11 degrez, & 576 pour 12 en ajoutant 48 à 528, & 624 pour 13 degrez mettant 48 avec 576 & ainsi des autres.

La seconde à deux livres & demi de charge ne commence qu'à 36 degrez jusqu'à 45 ; parce que le mortier avec cette charge donne autant de chasse à la bombe à 36 degrez, qu'à 45 lors qu'il n'a que deux livres de poudre ; car l'étendue de la portée est en l'un & en l'autre de 2160 pieds. Les nombres de pieds des portées se surpassent l'un l'autre de 60 pieds à chaque degré ; Ainsi 2220 du trente septième degré vient de 2160 du trentesixième & de 60 ajoutés ensemble, & 2280 du trentehuitième ajoutant 2220 avec 60. Et ainsi du reste.

La troisième à trois livres de poudre, qui est la plus grande charge que l'on doive donner à la chambre d'un mortier de douze pouces de calibre, ne commence par la même raison qu'à 37 degrez jusqu'à 45 ; parce qu'avec cette charge il chasse presque aussi loin sous l'angle de 37 degrez, que sous celui de 45 avec deux livres & demi de poudre. Les nombres de pieds des portées s'y suivent à chaque degré de 72 pieds ;

LIV II.
CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy exa-
minée.

ainsi ajoutant 72 à 2664 du trente-septième degré, vous aurez 2736 pour le trente-huitième; Et ajoutant 72 à 2736, l'on à 2808 pour le trente-neuvième & 2880 pour le quarantième en ajoutant 72 à 2808. Et ainsi des autres.

Ils disent qu'un mortier de huit pouces de calibre chargé d'une demi livre de poudre menü grenée, donne pour chaque degré d'élévation 42 pieds de difference de portée, & pour sa plus grande volée sous 45 degrez, donne 1890 pieds. Le même chargé de trois quarterons de la même poudre donne 62 pieds de difference de portées à chaque degré d'élévation, & pour la plus grande, qui est à 45 degrez, 2790 pieds. Et enfin avec une livre de poudre qui est la plus forte charge que l'on doit donner à la chambre d'un mortier de huit pouces de calibre; il donne 82 pieds de difference de portée à chaque degré d'élévation, & 3690 pieds pour sa plus grande étendue sous l'angle de 45 degrez.

Voici les tables. La premiere à une demy livre de poudre commence à 5 degrez jusqu'à 45; & les nombres des portées se suivent en augmentant de 42 pieds à chaque degré. La seconde à trois quarterons de la même poudre ne commence qu'à 31 degrez, par ce qu'en cette élévation avec cette charge, la portée est plus grande que celle à 45 degrez avec une demi livre

PREMIERE PARTIE.

57

TABLES DES BOMBARDIERS POUR UN
mortier de huit pouces de Calibre.

LIV. II.
CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy exa-
minée.

1. Table à $\frac{1}{2}$ li-
vre de poudre.

deg. portées

f)	à 100 pieds.
10	410
11	462 diff.
12	504 42
13	546
14	588
15	630
16	672
17	708
18	756
19	798
20	840
21	882
22	924
23	966
24	1008
25	1050
26	1092
27	1134
28	1176
29	1218
30	1260
31	1302
32	1344
33	1386
34	1428
35	1470
36	1512
37	1554
38	1596
39	1638
40	1680
41	1722
42	1764
43	1806
44	1848
45	1890

2. Table à $\frac{3}{4}$ li-
vre de poudre.

deg. portées.

f)	à 100 pieds.
11	1912 pieds.
12	1954
13	2046 diff.
14	2108 62
15	2170
16	2232
17	2294
18	2356
19	2418
20	2480
21	2542
22	2604
23	2666
24	2728
25	2790

3. Table à une li-
vre de poudre.

deg. portées.

f)	portées.
15	2870 pieds
16	2912
17	3014 diff.
18	3116 62
19	3178
20	3240
21	3302
22	3364
23	3426
24	3488
25	3550

livre de poudre. Les nombres des portées se
suivent en augmentant de 62 pieds à chaque

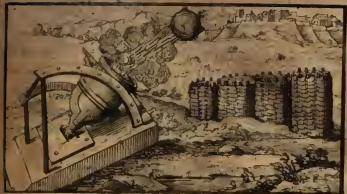
H

LIV. II.
CHAP. XII.
Pratique des
Bombardiers
du Roy exa-
minée.

degré. La troisième à une livre de poudre commence à 35 degré où la portée est plus grande que celle à 45 degré avec trois quarterons de poudre : les nombres des portées s'y suivent en augmentant de 82 pieds à chaque degré.

Je pourrais ajouter ici divers autres de leurs calculs , mais comme il sont tous faits sur un même raisonnement ; j'ay crû que ceux cy pouvoient suffire pour faire voir que comme il ont crû que les portées augmentoient toujours également à chaque degré d'élevations du mortier, ils ont ajusté leurs tables à leurs sentimens, plutôt que s'appliquer à faire des expériences exactes & fideles , sans se laisser prévenir d'opinions de bienfiance , qui sont presque toujours fausses, comme est celle-ci, ainsi qu'il se verra dans la suite.

Voilà enfin tout ce que j'ay pû tirer de lumière de ces Auteurs & de quantité d'autres de toutes Nations , qui sur cette matiere remettent tout à la pratique expérimentale du bon Canonier , où suivent aveuglement les raisonnemens de ceux qui les ont devancez & dont nous venons de parler. Reste donc maintenant à expliquer ce que l'on a reconû de veritable & de démonstratif sur ce sujet. Ce que je vay faire dans cette seconde partie.



L'ART DE JETTER LES BOMBES.

ET DE CONNOITRE L'ETENDUE DES COUPS
de volée d'un Canon en toutes sortes d'Elevations.

SECONDE PARTIE.

PRATIQUES DE L'ART DE JETTER
les Bombes.

LIVRE PREMIER.

*Pour les jets dont l'étendue est au niveau des
batteries par le moyen des sinus.*



OMME la Theorie de cette doctrine est
d'elle même assez difficile & suppose des
conoissances dont les Principes doivent
être raportés de loin ; j'ay crû que pour em-

H ij

Liv. I.
Pratiques
pour les jets,
dont l'étendue
est au niveau
des batteries
& par le
moyen des si-
nus.

L. I. v. 1.
Pratique pour
les jets, dont
l'étendue est
au niveau des
batteries &
par le moyen
des sinus.

barasser d'autant moins l'esprit de ceux qui voudroient s'en servir avec quelque utilité, je ferois bien de leur enseigner premierement les Pratiques & de remettre dans la suite à leur donner l'explication de leurs raisons & de leurs fondemens.

Ces pratiques ont été pour la plûpart inventées, sur la doctrine de Galilée premier & principal Mathematicien du grand Duc de Toscane, par Torricelli son disciple & son successeur : Qui nous a premierement expliqué que pour conoître les différentes portées des coups de volée d'une piece d'Artillerie ou d'un mortier en toutes sortes d'élevations, il falloit avant toutes choses en faire une épreuve bien exacte, en tirant la piece ou le mortier élevé sous un angle bien conû & mesurant l'étendue de sa portée avec toute la précision possible, pour en pouvoir faire un fondement certain pour toutes les autres : Car d'une seule experience sûre & fidele, l'on vient à la conoissance de tous les autres effets, en cette maniere.



CHAPITRE PREMIER.

*Pour trouver l'étendue d'un coup sur une
élévation donnée.*

LIV. I.
CHAP. I.
Pour trouver
l'étendue d'un
coup sur une
élévation don-
née,

SI vous voulez sçavoir l'étendue de la portée de votre piece à telle autre élévation qu'il vous plaira, faites que comme le sinus du double de l'angle de l'élévation sous laquelle l'expérience a été faite, (que j'appelleray dorénavant la premiere élévation,) est au sinus du double de l'angle de l'élévation proposée; ainsi l'étendue de la portée connue par l'expérience, (que j'appelleray aussi désormais la premiere portée,) soit à un autre. Et vous aurez ce que vous demandés.

Comme si ayant fait l'expérience de votre piece élevée sous l'angle de 30 degrez, vous avez trouvé qu'elle ait chassé précisément à la longueur de 1000 toises ou 1000 autres mesures; pour sçavoir quelle sera la portée de la même piece avec la même charge, lors qu'elle sera élevée à l'angle de 45 degrez: il faut prendre le sinus de l'angle de 60 degrez double de celui de la premiere élévation, qui est 8660, & en faire le premier terme de la regle de Trois; dont le second est sinus de l'angle de 90 degrez double de celui de l'élévation que l'on propose qui

62 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LET. I.
CHAP. I.
Pour trouver
l'étendue d'un
coup sur une
élévation don-
née.

est 10000 ; Et le troisième est le nombre des mesures de la première portée qui est 1000 toises, & les disposer en cette manière.

Si 8660 me donnent 10000, que me donneront 1000 ? pour avoir prez de 1155 toises pour la portée de la pièce élevée sous l'angle de 45 degrez.

Où il faut remarquer que lors que l'angle de l'inclination proposée est plus grand que 45 degrez, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus que la règle demande ; mais il faut à sa place prendre le sinus du double de son complement à l'angle droit. Comme si l'on propose l'élévation de la pièce à l'angle de 50 degrez, il faut prendre le sinus de 80 degrez double de 40 degrez qui font le complement à l'angle droit du proposé de 50 degrez.

CHAPITRE II.

*Trouver l'angle de l'élévation pour une
étendue donnée.*

CHAP. II.
Trouver l'an-
gle de l'éle-
vation pour
une étendue
donnée.

SI l'on vous donne une étendue déterminée à laquelle on veut que la pièce chasse, pourveu que cette étendue ne soit pas plus grande que celle de l'élévation de 45 degrez : Pour trouver l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la pièce pour lui faire faire l'effet pro-

posé ; il faut dire que comme la premiere portée est à l'étendue que l'on propose , ainsi le sinus du double de l'angle de la premiere élévation , soit à un autre. Et ce nombre sera le sinus du double de l'angle de l'élévation qu'il faut donner à la piece.

LIV. I.
CHAP. II.
Trouver l'angle de l'élévation pour une étendue donnée.

Comme si l'on veut que le Canon ou le mortier porte à la distance de 800 toises ou 800 autres mesures ; il faut que la premiere étendue de 1000 toises , soit le premier terme de la regle de Trois , la portée proposée de 800 toises soit le deuxième , & le troisième soit 8660 sinus de l'angle de 60 degrez double de celui de 30 degrez de la premiere élévation. En cette maniere.

Si 1000 toises font 800 to. que feront 8660 ?
Pour avoir 6928 qui est le sinus de l'angle 43 degrez 52', dont la moitié , c'est à dire 21 56', est l'angle de l'élévation que vous devez donner à la piece pour faire l'effet proposé. Et si vous ôtez les 21. 56' de l'angle droit ou de 90 degrez , vous aurez l'angle du complement de 68 deg. 4' que vous pourrez prendre pour l'élévation de votre piece ; car elle chassera également loin , soit que vous l'éleviez à l'angle de 21. 56' , ou à celui de son complement 68. 4'

LIV. I.
CHAP. III.
Table des si-
nus servant au
jet des Bom-
bes.

CHAPITRE III.

Table des Sinus servant au jet des Bombes.

POUR plus grande facilité & pour ôter cet embarras que l'on a de rechercher les sinus du double des angles des élévations proposées; Galilée & Torricelli ont fait des Tables que j'ay mises ici, dans lesquelles on voit tout d'un coup les sinus des angles que l'on recherche. C'est à dire que ces tables ont été tirées de cel-

degrez	portées	degrez	portées
001	0	0	0
39	1	149	61
38	2	698	24
37	3	1045	27
36	4	1393	33
35	5	1716	39
34	6	2079	60
33	7	2419	10
32	8	2716	11
31	9	3090	13
30	10	3430	15
29	11	3746	17
28	12	4067	19
27	13	4384	21
26	14	4691	23
25	15	5000	27
24	16	5399	40
23	17	5793	41
22	18	6177	43
21	19	6548	44
20	20	6901	47
19	21	7247	48
18	22	7591	49
17	23	7931	51
16	24	8268	53
15	25	8601	55
14	26	8931	57
13	27	9258	59
12	28	9581	61
11	29	9901	63
10	30	10000	65

les des sinus ordinaires , dont elles ne different qu'en ce que les nombres qui repondent ici à chaque degré , sont dans les tables ordinaires ceux qui repondent aux degrez qui sont doubles de ceux ci ; car le nombre repondant ici à 1 degré repond dans l'autre à 2 degrez ; celui qui repond ici à 2 degrez repond dans l'autre à 4 deg. ; celui de 20 deg. est de 40 degrez dans l'autre. Et ainsi du reste.

LIV. I.
CHAP. III.
Table des sinus servant au jet des Bombes.

CHAPITRE IV.

Usage de la Table pour trouver l'étendue , sur une élévation donnée.

L'USAGE de cette table est facile. Car pour conoître l'étendue sur une élévation proposée , il ne faut que prendre pour premier terme de la regle de Trois , le nombre qui repond à l'angle de la premiere élévation ; & pour second celui qui repond à l'angle de l'élévation proposée ; Et enfin le nombre des mesures de la premiere étendue pour troisieme terme ; afin que par la regle vous ayez pour quatrieme l'étendue que vous cherchez.

CHAP. IV.
Usage de la Table pour trouver l'étendue sur une élévation donnée.

Comme si , nous servant des exemples que nous avons rapporté cy - devant , nous voulons sçavoir quelle sera la portée d'une piece élevée à l'angle de 45 degrez , supposé qu'elle

LIV. I.
CHAP. IV.
Usage de la
Table pour
trouver l'étendue sur une
élévation donnée,

ait chassée à la longueur de 1000 toises lorsqu'elle étoit élevée à l'angle de 30 degrez. Je dis ainsi.

Si 8660 repondant à 30 deg. me donnent 10000 repondant à 45 deg., Que me donneront 1000 to. de la premiere portée ? Et j'auray près de 1155 toises pour la portée que l'on demande.

CHAPITRE V.

Pour trouver l'élévation sur une étendue donnée.

CHAP. V.
Pour trouver
l'élévation sur
une étendue
donnée.

AINSI pour sçavoir à quel angle je dois élever ma piece pour la faire chasser à une distance donnée, qui ne soit pas plus grande que celle de 1155 to. qui est l'étendue de la piece élevée à 45 degrez : je prens pour premier terme de ma regle la premiere étendue, pour second l'étendue proposée, pour troisiéme le nombre repondant dans la table à l'angle de la premiere élévation, & le quatrième sera le nombre repondant à l'angle de l'élévation que l'on demande.

Comme si l'on veut faire chasser la piece à la distance de 800 toises il faut faire ainsi.

Si 1000 toises premiere étendue, me donnent 800 toises étendue proposée, que me donneront 8660 repondant à la premiere élévation ? Et j'auray 6928 dont le nombre le plus proche de la

Table est 6247 qui repond aux angles de 22 deg. & de 68 deg. Qui sont ceux où je pourray élever la piece pour lui faire faire l'effet proposé.

LIV. I.
CHAP. V.
Pour trouver
l'élevation
sur une éten-
due donnée.

Au reste le nombre 10000 de la plus grande portée de la Table n'a pas été pris au hazard : Car outre que c'est celui que l'on donne ordinairement au sinus total dans la Table commune des sinus, d'où celle-ci a été tirée; c'est que la moitié de ce nombre, c'est à dire 5000, reduite en pas Geometriques, marque assez justement la plus grande portée d'une Coulevrine de 30 livres de balle.

Nous pouvons joindre ici les autres tables que Galilée & Torricelli nous ont données, comme celle des hauteurs des jets en toutes sortes d'élevation d'une même piece également chargée; Celle des hauteurs ou sublimitez des jets dont les longueurs horizontales sont égales en toutes elevations; Et une troisième que j'ay calculée de la proportion de la force qu'il faut imprimer au mobile pour le faire porter à une même longueur horizontale en toutes sortes d'élevations.

LIV. I.
CHAP. VI.
Table des hau-
teurs des jets
de même
force.

CHAPITRE VI.

Table des hauteurs des jets d'une même force.

DANS la première, c'est à dire dans celle des hauteurs des jets en routes sortes d'élevation, lorsque la force est toujours la même, (laquelle à beaucoup de liaison avec celle des étendües que nous venons d'expliquer ;) Nous ne nous sommes pas servis des nombres qui se trouvent dans les tables de Galilée & de Torricelli ; parce qu'ayant donné le nombre 10000 à la moitié de leur plus grande portée, ils mettent aussi le même nombre 10000 à la plus grande hauteur, à cause que celle-ci, c'est à dire la hauteur du jet perpendiculaire, est égale à la moitié de la plus grande portée qui est celle de la piece pointée sous l'angle de 45 degrez. Mais comme nous avons supposé dans la table précédente que la plus grande portée étoit 10000, la plus grande hauteur sur ce pied ne peut être que de 5000. Et partant tous les nombres de nôtre table des hauteurs sont les moitez de ceux de Galilée. Les nombres de la table des portées sont proportionels aux sinus du double des angles de l'élevation, & ceux de cette table des hauteurs, sont les quarts des sinus versés du double des mêmes angles, parce qu'ils sont

les moitez des nombres de la Table de Torricelli qui sont les moities des mêmes sinus.

L'usage de cette table est tel. Connoissant l'étendue d'un jet suivant un angle d'inclination, si l'on en veut sçavoir la hauteur, il faut faire que comme le nombre repondant à l'angle proposé dans la table des Portées est à l'étendue conuë de votre jet, ainsi le nombre repondant au même angle dans la table des hauteurs, soit à un autre ? Qui vous donnera la hauteur que vous demandez; Comme si la portée du jet sous l'angle de 22 degrez étant de 800 toises, je veux sçavoir sa hauteur per-

TABLE DES HAUTEURS DES JETS
poulliez d'une même force dont la plus
grande portée est 10000.

deg.	hauteur	deg.	hauteur
1	1 $\frac{1}{2}$	46	2100
2	6 $\frac{1}{2}$	47	2677
3	14	48	3261
4	25	49	3849
5	38	50	3914
6	4	51	4019
7	75	52	4101
8	97	53	4189
9	121	54	4271
10	141	55	4355
11	182	56	4416
12	216	57	4477
13	251	58	4591
14	292	59	4674
15	331	60	4717
16	380	61	4821
17	427	62	4898
18	477	63	4969
19	510	64	4019
20	581	65	4107
21	642	66	4177
22	701	67	4117
23	761	68	4198
24	822	69	4252
25	891	70	4411
26	961	71	4470
27	1010	72	4522
28	1102	73	4572
29	1171	74	4620
30	1249	75	4661
31	1326	76	4708
32	1405	77	4748
33	1481	78	4781
34	1564	79	4818
35	1641	80	4849
36	1728	81	4878
37	1810	82	4901
38	1896	83	4911
39	1981	84	4941
40	2066	85	4962
41	2151	86	4971
42	2218	87	4986
43	2287	88	4998
44	2411	89	4999
45	2500	90	10000

LIV. I.
CHAP. VI.
Table des
hauteurs des
jets de même
force.

LI V. I.
CHAP. VI.
Table des
hauteurs des
jets de même
force.

pendiculaire ; je prens pour premier terme de ma regle de Trois le nombre qui repond à 22 deg. dans la table des portées qui est 6947, pour second terme 800 to. de la portée conuë, pour troizième le nombre 701 repondant à l'angle de 22 deg. dans la table des hauteurs ; Et par la regle je trouve que la hauteur du jet que je demande est de 80 toises 4 pieds 4 pouces.

Mais si la même portée de 800 to. venoit d'un jet fait sous l'élévation de 68 deg. complement de l'angle de 22 deg. ; il faudroit prendre, pour troizième terme de la regle de Trois, le nombre qui repond dans la table des hauteurs à l'angle de 68 deg. qui est 4298 ; Et par la regle nous aurions pour la hauteur du jet proposé 494 toises 5 pieds 8 pouces.

CHAPITRE VII.

Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue.

CHAP. VII.
Table des
hauteurs &
sublimitez des
jets de même
étendue.

VOICI la seconde Table qui est celle des hauteurs & des sublimitez des jets d'une même étendue de portée en toutes sortes d'élévations : Cette étendue supposée par tout égale à celle que nous avons prise pour nôtre plus grande portée dans les autres tables, c'est à dire à 10000 parties ; ce qui fait que tous les

SECONDE PARTIE. 71

nombre de cette table, comme ceux des précédentes, ne sont que la moitié de ceux qui se trouvent dans celles de Galilée & de Toricelli qui ont donné le même nombre 10000 à l'étendue de leur demiparabole ; au lieu que nous en faisons celle de la parabole entière ; d'où il arrive que tous les nombres des hauteurs sont chacun le quart de ceux qui sont les tangentes des angles d'élevation dans la Table

LIV. I.
CHAP. VI.
Table des
hauteurs &
sublimités des
jets de même
étendue.

TABLE DES HAUTEURS ET DES SUBLIMITÉS DES JETS
dont l'étendue en toutes élévations est toujours la même, posée
de 10000 parties.

deg.	haut.	subl.	deg.	haut.	subl.
0	0	infini	90		
1	41	145535	80	1166	5161
2	82	71501	79	1219	5126
3	121	47701	78	1274	4906
4	175	31251	77	1320	4702
5	213	23177	76	1386	4510
6	262	17286	75	1441	4310
7	307	130161	74	1501	4160
8	351	10027	73	1563	4001
9	396	7784	72	1621	3849
10	441	58178	71	1686	3706
11	486	42571	70	1750	3570
12	531	31761	69	1816	3441
13	577	24213	68	1884	3317
14	621	19027	67	1951	3200
15	670	15110	66	2024	3087
16	717	11218	65	2098	2979
17	764	8177	64	2178	2876
18	811	5844	63	2251	2776
19	856	4260	62	2311	2681
20	910	3368	61	2414	2589
21	959	2652	60	2500	2500
22	1010	2187	59		
23	1061	1880	58		
24	1111	1617	57		
subl.	haut.	deg.	subl.	haut.	deg.

LIV. I.
CHAP. VII.
Table des
hauteurs &
sublimatez des
jets de même
étendue,

ordinaire des sinus , & ceux des sublimatez sont chacun le quart des tangentes du complement des mêmes angles.

Je ne m'arreteray pas à vouloir faire comprendre ce que l'on entend par la sublimité d'une parabole ou d'un jet , parce que tout cela sera expliqué fort au long dans la troisième partie de ce Livre. Je parleray donc seulement de l'usage de cette table, qui est tel ; Que voulant sçavoir sur une étendue donnée , Quelle doit être la sublimité & la hauteur d'un jet sur l'élevation d'un angle donné ? Il faut faire que comme le nombre 10000 est à l'étendue proposée , ainsi ceux des hauteur & sublimité qui repondent à l'angle donné dans la Table , sont à d'autres ; qui seront ceux que l'on demande. Comme si l'étendue proposée étant de 800 toises , on veut sçavoir la hauteur & la sublimité du jet de cette longueur sous l'élévation de 26 degrez ? Le premier terme de la regle de Trois est 10000 , le second est 800 , & le troisième pour la hauteur est 1219 , qui donne pour quatrième $93\frac{1}{2}$. Le même troisième pour la sublimité est 5126 qui donne pour quatrième 410. Ainsi la hauteur du jet sur cette hypothese sera de $93\frac{1}{2}$ toises , & la sublimité de 410 toises. Ce qui est de particulier est qu'à l'élévation de l'angle de 64 deg. qui est le complement de l'angle proposé de 26 deg , les hauteurs & les sublimatez sont reciproques , c'est

c'est à dire que la hauteur est de 410 to., & la sublimité de $93\frac{1}{2}$.

LIV. I.
CHAP. VII.
Table des
hauteurs &
sublimités des
jets de même
étendue.

CHAPITRE VIII.

Table de la force des jets de même étendue.

LA table qui suit est faite en ajoutant ensemble les hauteurs & les sublimités de la précédente. Son usage est pour la proportion que la force qui a chassé le mobile à une certaine distance suivant un certain angle d'élévation, doit avoir à une force qui pourra chasser le même mobile ou son égal à la même distance suivant tout autre degré d'élévation ; c'est à dire que la force du jet parcourant un certain espace sous l'angle de 22 deg. ou de son complement à l'angle droit qui est de 68 deg., sera à la force du jet parcourant le même espace sous l'angle de 35 deg. ou de 55 deg. qui est son complement à un droit, comme le nombre 7197 repondant à 22 degrez est à 5321 repondant à 35 degrez. L'on voit par cette table que de tous les jets d'une même étendue ; celui où il faut moins de force est le jet qui se fait sous l'élévation de 45 degrez, & qu'il faut que la force augmente à mesure que l'élévation s'éloigne du demidroit vers la perpendiculaire ou vers l'horizontale ; Ainsi il faudroit une force infinie

CHAP. VIII.
Table de la
force des jets
de même
étendue.

74 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. I.
CHAP. VIII.
Table de la
force des jets
de même
étendue.

TABLE DE LA FORCE QU'IL FAUT DONNER AUX JETS
de même étendue en toutes sortes d'Elevation.

deg.

0	90	Infini			
1	30	141168	21	61	6127
2	58	77680	26	64	6141
3	87	47814	27	67	6150
4	86	11916	28	62	6031
5	81	12701	29	61	5896
6	84	14048	30	60	5771
7	81	10668	31	59	5662
8	82	12140	32	58	5561
9	81	16180	33	57	5471
10	80	14169	34	56	5391
11	79	11147	35	55	5311
12	78	12291	36	54	5232
13	77	11401	37	53	5151
14	76	10610	38	52	5071
15	75	10000	39	51	5000
16	74	9411	40	50	5077
17	73	8941	41	49	5049
18	72	8606	42	48	5027
19	71	8211	43	47	5012
20	70	7778	44	46	5001
21	69	7472	45	45	5000
22	68	7197			
23	67	6950			
24	66	6728			

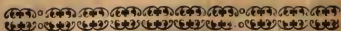
pour faire parcourir un espace de niveau quel qu'il puisse estre sous l'élevation de 90 & de 0 degrez , c'est à dire lors que le jet est ou à plomb ou de niveau ; ce qui sera expliqué dans la Quatrième partie de ce Livre.

Au reste il est bon de sçavoir que c'est sur la table des portées expliquée cy-devant, que j'ay calculé celles qui se voient dans la premiere partie de ce Livre, pour estre comparées à celle

de Diego Ufano , & aux autres. Je crois qu'il est inutile de dire que les angles d'élevation doivent estre donnéz ou mesurez sur la piece avec l'Equerre divisée par degrez & non pas par celle de Tartaglia qui est divisée en 12 points,

LIV. I.
CHAP. VIII.
Table de la
force des jets
de memq
étendues





LIVRE SECOND.

LIV. II.

Pratiques des jets dont l'étendue est au niveau des batteries, par le moyen des instrumens.

CHAPITRE PREMIER.

Par l'Equerre des Canoniers rectifiée.

CHAP. I.
Par l'Equerre
des Cano-
niers rectifiée.

MAIS parceque la plupart des Canoniers est accoutumée à cette Equerre de 12 points, le même Torricelli à trouvé le moyen de la rectifier & de la mettre en état que l'on s'en puisse servir utilement par la connoissance des portées. Sa figure est la même que celle de Tartaglia, composée de deux bras inégaux formans une angle droit, d'un quart de cercle, & d'un plomb attaché par un filet à l'angle; Le plus grand bras se met dans la piece, & le quart de cercle est divisé en 12 points à commencer du plus petit bras de l'Equerre, & chaque point en 12 minutes. Toute la difference est en la division de ces points & de ces minutes, qui sont égaux dans l'Equerre de Tartaglia & fort inégaux dans celle-ci.

Sa construction est telle. Le plus grand bras de l'Equerre est AE : & le moindre AC : le

quart de cercle BDC : dont le demi diametre est AB ; sur lequel comme sur un diametre il faut decrire le demi cercle APB sur le centre F, & mener FP perpendiculaire à A, B qui sera par consequent parallele à AC ; puis du point P, élever PG parallele à AB, qui coupe AC en G ; Ensuite il faut couper la droite AG en 6 parties égales comme aux points G & H &c.,

LIV. II.
CHAP. I.
Par l'Équerre
des Canoniers
rétablie.



LIV. II.
CHAP. I.
Par l'Equerre
des Canoniers
redoublée.



d'où il faut laisser tomber des droites parallèles au côté AB qui coupent le demi cercle chacune en deux points comme HK aux points I & K &c ; Enfin du point A , par les points où le demi cercle est coupé par ces parallèles , il faut mener des droites jusqu'au quart de cercle BDC , qui le couperont en douze parties inégales qui seront les douze points de l'Equerre.

LIV. II.
CHAP. I.
Par l'Equerre
des Canoniers
rectifiée.

Comme la droite A P D tirée du point A par le point P marquera le sixième point de l'Equerre, A I M le cinquième, A K L le septième, & ainsi des autres. Où il faut remarquer que la largeur des points, qui sont également éloignés du sixième, est égale, comme D L est égal à D M largeur du cinquième & septième point, ainsi celles du huitième & du quatrième &c.

Et comme il seroit peut-être difficile de trouver précisément le premier & le second point de l'Equerre, qui commencent toujours du côté du plus petit bras A C ; il ne faut que les faire égaux au douzième & à l'onzième qui leur respondent & dont la grandeur se trouve avec facilité.

Pour avoir les minutes, il ne faut que diviser chacune des parties égales de la ligne A G comme H G &c. en 12 autres portions égales, & de chaque point de division abaisser des droites parallèles à A B, qui couperont le demi-cercle chacune en deux points, par lesquels menant des lignes droites du point A jusqu'au quart de cercle B D C, elles y marqueront les minutes que l'on demande.

J'oubliois à dire que le plomb est attaché par un filet au point A de l'angle de l'équerre.

L'usage de cet Equerre est très facile : car les points y ont entr'eux la même proportion que les portées d'une pièce élevée suivant les an-

LIV. II.
CHAP. I.
Par l'Equerre
des Canoniers
rectifiée,

gles qu'ils font sur l'Equerre ; c'est à dire que la portée d'une piece élevée au quatrième point est double de la portée de la même piece élevée au second point, & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2, & quadruple du nombre 1 &c.

Il suffit donc de mettre son plus grand bras dans l'ame de la piece & remarquer par le moïen du filet quel est le point de son élévation ? Et par l'expérience d'un seul coup, dont il faut mesurer exactement la portée, l'on peut assez bien juger de la portée de la même piece avec la même charge dans toutes sortes d'élévation ; En faisant une règle des Trois. Comme si la portée de vôtre piece élevée par exemple au deuxième point a été de 800 toises ; Pour sçavoir quelle sera sa portée lors qu'elle sera élevée au cinquième point ? il faut dire

Si 2 donnent 800 : que donneront ; ?
pour avoir 2000 toises pour la portée de la piece au cinquième point. Où il faut remarquer qu'au lieu des points qui sont au dessus du sixième comme le septième, le huitième, le neuvième, le dixième & l'onzième ; il faut, pour faire les règles de Trois, prendre ceux qui leur repondent au dessous du même sixième ; comme le cinquième au lieu du septième, le quatrième au lieu du huitième, le troisième au lieu du neuvième, le second au lieu du dixième & le

le premier au lieu de l'onzième. Car , comme nous avons dit , les portées des points également éloignées du sixième sont égales , comme celles du septième égales à celle du cinquième , celles du huitième égales à celles du quatrième , celles du neuvième à celles du troisième , & ainsi des autres.

LIV. II.
CHAP. I.
Par l'Equerre
des anoniens
certifiée.

Si vous voulez sçavoir sur la même supposition , à quel point vous devez élever votre piece pour lui donner une portée de 1500 toises ; il faut faire votre regle de Trois en cette maniere.

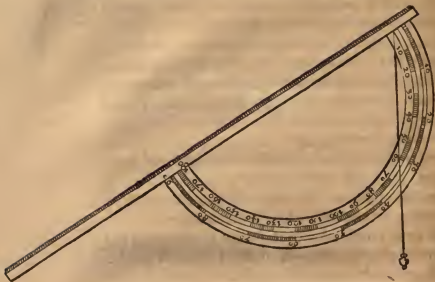
Si 800 donnent 2 : Que donneront 1500 ?
Et vous aurez $3\frac{3}{4}$; c'est à dire trois points & 9 minutes au dessous du sixième ou huit points & 3 minutes au dessus , & ainsi du reste.

CHAPITRE II.

Par le demi cercle de Torricelli.

VOICy encore une autre instrument composé pour le même effet. C'est un demi cercle divisé sur son bord interieur en 180 degrez à l'ordinaire , & seulement en 90 parties sur celui de dehors , dont le diametre est prolongé par un bout ; & à l'autre , par lequel la division se commence , il y a un plomb attaché à un filet qui marque sur le bord extérieur du demi cercle les degrez de l'angle de l'élevation de la

CHAP. II.
Par le demi
cercle de Tor-
ricelli.



LIV. II.
CHAP. II
Par le demi-
cercle de Tor-
ricelli,

piece lors que l'on met dans l'ame le bout du diametre prolongé, & les degrez qui leur repondent sur le bord interieur, sont ceux dont il faut prendre les sinus.

Son usage est assez prompt ; car comme dans cet instrument les sinus des degrez qui repondent à ceux des angles de l'élevation de la piece sont en meme raison que l'étendue des portées ; après avoir mesuré exactement l'une des memes portées suivant un certain angle d'élevation ; Pour avoir l'étendue d'une autre suivant un autre angle , il ne faut que faire une regle de Trois dont le premier terme doit estre le sinus

des degrez repondans à ceux de l'angle sur lequel s'est fait l'experience ; le second terme doit être le sinus des degrez repondans à ceux de l'angle proposé ; le troisiéme doit être l'étendue de la portée conuë en mesures par l'experience ; & le quatriéme sera l'étendue que vous cherchez. Comme si vous avez trouvé par une experience tres-exacte que l'étendue de la portée de vôtre piece élevée par exemple sous un angle de 30 degrez , ait été de 1500 toises : Pour sçavoir à combien de toises elle portera lors que vous l'éleverez seulement sous un angle de 20 degrez ? Parce que les degrez qui repondent, sur le bord interne de l'Equerre à ceux de l'élévation de 30 degrez sont 60 deg. qui ont 8660 pour sinus , & ceux qui repondent à l'élévation de 20 degrez sont 40 degrez qui ont pour sinus 6427 : je fais ma regle en cette maniere :

Si 8660 donnent 6427 que donneront 1500 ?
Et j'auray près de 1114 toises pour l'étendue de la portée que l'on demande.

Ainsi pour sçavoir quelle sera la plus grande portée de la piece , c'est à dire lors qu'elle sera élevée à l'angle de 45 degrez qui ont pour repondans 90 degrez dont le sinus est 10000 : je fais ainsi :

Si 8660 donnent 10000 que donneront 1500 ?
pour avoir environ 1732 toises pour la plus grande portée que l'on recherche.

L I V. II.
CHAP. II.
Par le demi
cercle de Tor-
ricelli.

LEV. II.
CHAP. II.
Par le demi
cercle de Tor-
ricelli.

Mais si l'on veut sur la même hypothèse, sçavoir à quel angle il faut élever la pièce ou le mortier pour le faire porter à une distance proposée, pourveu qu'elle n'excede point celle à laquelle la pièce élevée à l'angle de 45 degrez peut porter ; il faut faire une autre regle de Trois, dont le premier terme sera l'étendue de la portée de la pièce connue en mesures par l'expérience que l'on en a faite ; le second terme sera l'étendue de la portée que l'on propose ; & le troisième doit estre le sinus des degrez repondans à ceux de l'élevation sous laquelle on a fait l'expérience ; afin que par la regle on ait pour quatrième terme, le sinus des degrez decrits dans le bord interieur de l'Equerre, dont les repondans sur le bord de dehors sont ceux de l'élevation que l'on demande.

Comme si l'on desire sçavoir à quel angle il faut élever la pièce pour la faire porter à la longueur de 1200 toises, supposé qu'elle ait chassé à celle de 1500 toises sous l'élevation de 30 degrez qui ont 60 degrez pour repondans sur le bord interieur de l'Equerre, dont le sinus est 8660. Je fais ma regle de trois en cette maniere.

Si 1500 donnent 1200 : que donneront 8660 ?
Et j'auray pour quatrième terme 6928 sinus de l'angle de 43 degrez 51 min. qui ont pour correspondans sur le bord exterior de l'Equerre 21.

56' qui sont ceux de l'élevation que l'on demande ; aussi bien que 68 4'. qui sont leur complément à l'angle droit.

Si par la regle vous trouviez que vôtre quatrième terme fut un nombre plus grand que ceux qui sont contenus dans la Table des sinus, c'est à dire plus grand que celui que vous auriez pris pour sinus total ; Ce seroit une marque que la distance proposée seroit plus grande que celle à laquelle elle peut porter avec la même charge. Comme si l'on demandoit à quel angle elle devroit estre élevée pour la faire chasser à la longueur de 1800 toises ? faisant la regle de Trois comme nous l'avons enseignée , l'on trouveroit pour quatrième terme ce nombre 10392 ; lequel étant plus grand que celui de 10000 qui est sinus total dans cette hypothese où le sinus de 60 degrez est 8660 ; fait voir que la piece ne peut pas chasser à cette distance : ce qui est conforme à ce que nous avons fait voir cy-devant , que la plus grande portée qui est sous l'angle de 45 degrez n'étoit que d'environ 1732 toises.



LI. V. II.
CHAP. III.
Par un autre
instrument
sans le besoin
des sinus.

CHAPITRE III.

Par un autre instrument sans le besoin des sinus.

TOUTES ces pratiques sont faciles & assurées : Mais comme il y faut avoir incessamment recours à la Table des sinus , qu'il seroit peut-être difficile d'avoir toujours présente ; le même Torricelli à recherché le moyen de s'en passer ajoutant divers lignes dans l'Equerre dont nous venons d'enseigner la description & l'usage. Voici donc ce qu'il fait.

Il se contente de la division du bord extérieur du demi cercle en 90 degrez ; Et ayant mené un rayon perpendiculaire au diamètre , il le divise en un tres grand nombre de parties égales , comme par exemple en p. 200 ; qu'il commence à compter du centre du demi cercle. Ensuite de chaque degré marqué dans son bord , il tire des droites , qu'il appelle des guides , paralleles au diamètre qui passent au travers de ce rayon divisé & vont repondre aux degrez qui sont les complemens à l'angle droit de ceux d'où elles sont parties ; c'est à dire que la droite tirée par exemple du 10 degré , tombe sur le 80 ; & celle qui vient du 20 tombe sur le 70 . Et ainsi des autres.

Maintenant comme les portions du rayon di-

visé contenuës entre chacune des guides & le centre du demi cercle , sont égales aux sinus du double des angles d'où les guides ont été tirées ; il ne faut que prendre le nombre des parties égales du rayon divisé comprises entre le centre & les guides & s'en servir pour termes des regles de Trois au lieu des sinus.

LIV. II.
CHAP. III.
Par un autre
instrument
sans le besoin
des sinus.

Comme dans la même supposition ; parce que la guide du 30° degré coupe le rayon de telle sorte qu'il y a 173 parties égales jusqu'au centre ; Et celle du 20° degré le coupe où il y en a 128 $\frac{1}{2}$.

Pour sçavoir quelle sera la portée de la piece élevée au 20° degré , supposé qu'au 30° elle ait chassé à la longueur de 1500 toises , je fais ma regle de trois en cette maniere :

Si 173 donnent 1500 toises , que donneront 128 $\frac{1}{2}$? & j'auray les mêmes 1114 toises pour la portée de la piece à l'élévation proposée de 20 degrez.

Ainsi pour conôître sur la même hypothese la plus grande portée de la piece , c'est à dire lors qu'elle est élevée à l'angle de 45 degrez qui a le rayon entier où les 200 parties sous la guide ; je fais ma regle de Trois en cette sorte ;

Si 173 donnent 1500 toises : Que donneront 200 ? Pour avoir touïjours à peu près les mêmes 1732 toises.

Mais si l'on veut sçavoir à quel angle on doit élever la piece pour la faire chasser à une di-

LIV. II.
CHAP. III.
Par un autre
instrument
sans le besoin
des sinus,



stance proposée, pourveu qu'elle ne soit pas plus grande que sa portée naturelle sous l'élevation de 45 degrez. Comme si l'on vouloit la faire porter à la longueur de 1200 toises; il faudroit disposer les termes de la regle de Trois en cette maniere.

LIV. II.
CHAP. VII.
Par un autre
instrument
sans le besoin
des sinus.

Si 1500 toises donnent 173 parties: Que donneront 1200? pour avoir $128\frac{1}{2}$ parties sur lesquelles tombe la Guide de l'angle 21 degre 56' & de son complement à l'angle droit 68 deg. 4'. qui sont les angles de l'élevation que l'on doit donner à la piece pour la faire chasser à la distance proposée de 1200 toises.

L'on peut par la même regle conoître si la distance proposée est dans les termes de la portée de la piece; car si les nombres des parties qui viennent pour quatrième terme de la regle de Trois, excèdent 200 c'est à dire le nombre de parties contenues dans le rayon divisé; l'on pourra dire que la piece ne sçauroit porter avec la même charge à la longueur que l'on a proposé.

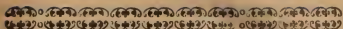
Comme si l'on demandoit l'angle de l'élevation de la piece pour la faire porter à la longueur de 1800 toises? En faisant ainsi la regle de Trois.

Si 1500 donnent 173: Que donneront 1800? Je trouve qu'il me vient pour quatrième terme $207\frac{2}{3}$ parties, qui surpassent les 200 parties contenues dans le rayon divisé; Et qui me font co-

LIV. II.
CHAP. VII.
Pour un au-
tre instru-
ment sans le
besoin des fi-
nus.

noître que la piece ne peut pas porter, à cette distance. C'est ce qui convient à ce que nous avons dit cy-devant, faisant voir que sa plus grande portée est seulement de 1732 toises.





LIVRE TROIZIÈME. LIV. III.

*Pratiques des jets dont l'étendue n'est pas au niveau
des batteries.*

NOUS ajouterons ici diverses pratiques pour la resolution de plusieurs cas differens de ceux que nous avons expliquez & qui peuvent arriver sur le même sujet. Et Premièrement.

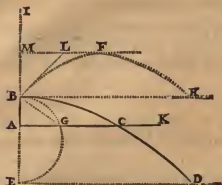
CHAPITRE PREMIER.

*Portée de but en blanc d'une piece élevée au dessus
du plan horizontal.*

POUR sçavoir à quelle distance d'un plan horizontal, une piece pointée du but en blanc & posée au dessus du niveau du même plan, pourra porter ? Comme dans cette figure où la ligne de niveau de la campagne est A K sur laquelle la piece est élevée de la hauteur perpendiculaire A B : Pour conoître le point C dans la droite A K où le boulet arrivera partant de la piece en B pointée du but en blanc, c'est à dire suivant la direction horizontale B H :

CHAP. I.
Portée de but
en blanc d'une
piece élevée
au dessus
du plan ho-
rizontal.

LIV. III.
CHAP. I.
Portée de but
en blanc d'u-
ne piece éle-
vée au dessus
du plan hori-
zontal.



Comme je suppose que l'on conoisse la plus grande portée de la piece sous l'élevation de 45 degrez qui soit par exemple BH, & la hauteur AB; Je multiplie la moitié de BH par AB, & le double de la racine quarrée du produit, me donne la longueur sur le plan horizontal AC que je cherche. Comme si la hauteur perpendiculaire AB, étoit par exemple de 15 pieds c'est à dire de $2\frac{1}{2}$ toises, & la plus grande portée de 1732 toises; Je multiplie 866 moitié de 1732 par $2\frac{1}{2}$, & du produit 2165 je prens la racine quarrée 46 dont le double 92 toises, est la longueur AC demandée. Dans la même hypothese si la hauteur perpendiculaire AB étoit de 30 pieds c'est à dire 5 toises, je multiplierois 866 moitié de la plus grande portée par 5 & du produit 4330, je prendrois la racine quar-

réc 65 , dont le double 130 toises me feroit la longueur demandée AC.

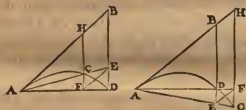
LIV. III.
 CHAP. I.
 Portée de but
 en blanc d'une
 pièce élevée
 au dessus
 du plan horizontal.

CHAPITRE II.

Portée sur un plan incliné d'une pièce pointée sous un angle donné.

POUR sçavoir à quelle distance d'un plan incliné au dessus ou au dessous de l'horizon, le boulet d'une pièce pointée sous un angle donné , touchera ? Comme dans cette figure.

CHAP. II.
 Portée sur un
 plan incliné
 d'une pièce
 pointée sous
 un angle donné.



Pour conoître à quel point du plan AE incliné au dessus ou au dessous de l'horizon AF , arrivera le boulet d'une pièce ou d'un mortier pointé suivant l'angle de l'inclination DAB : il faut faire deux regles de Trois :

La premiere pour trouver la longueur horizontale AF en faisant que comme la tangente de l'angle de l'inclination de la pièce DAB est à la tangente de l'angle de l'inclination du plan DAE ; Ainsi l'amplitude AD de la parabole ACD trouvée

Fig. III.
CHAP. II.
Portée sur un
plan incliné
d'une piece
pointée sous
un angle don-
né.

par les tables, soit à une autre, qui sera la longueur DF; laquelle étant ôtée de la même amplitude si le plan est incliné sur l'horizon, où étant ajoutée s'il est au dessous, donne la longueur horizontale AF.

Par la seconde regle de Trois, l'on trouve la longueur AC; car comme le sinus total est à la secante de l'angle du plan DAE, ainsi AF est à AC. La hauteur perpendiculaire CF se trouve avec la même facilité; car comme le sinus total est à la tangente du même angle du plan DAE, ainsi AF est à CF.

Comme si l'angle de l'inclination du plan DAE au dessus ou au dessous de l'horizon est de 25 degrez, & l'angle de l'inclination de la piece DAB de 43 degrez. Supposant que la plus grande portée sous l'angle de 45 deg. soit de 1732 toises; la portée sous l'angle de 43 degrez sera de 1647 toises; Et partant disposant nôtre premiere regle de Trois en sorte que comme 93252 tangente de 43 degrez, est à 46631 tangente de 25 degrez; Ainsi 1647 qui est l'amplitude AD est à $823\frac{1}{2}$ qui est la longueur DF: laquelle étant ôtée du nombre 1647 qui est AD donne aussi $823\frac{1}{2}$ pour la longueur horizontale AF si le plan est incliné au dessus de l'horizon, ou bien étant ajoutée à la même amplitude 1647 donne 2470 pour la même longueur si le plan est incliné sous l'horizon.

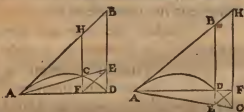
Maintenant si je fais que comme 100000 sinus total est à 110338 sécante de l'angle du plan FAC, ainsi AF longueur horizontale du plan incliné sur l'horizon $823 \frac{1}{2}$ est à un autre; j'au-

ray pour la longueur du plan incliné AC

{ sur l'horizon 908 to. }

{ sous l'horizon 2725 to. }

LIV. III.
CHAP. II.
Portée sur un
plan incliné
d'une pièce
pointée tous
un angle don-
né.



Ainsi faisant que comme le sinus total 100000 est à 46631 tangente du même angle FAC, ainsi la même longueur horizontale AF du plan incliné { sur l'horizon $823 \frac{1}{2}$ } est à un autre; j'au-

ray pour la hauteur perpendiculaire CF

{ sur l'horizon 384 toises }

{ sous l'horizon 1151 toises. }

En la même manière si nous supposons que l'angle de l'inclinaison du plan FAC soit de 15 degrés au dessus ou au dessous de l'horizon; celui de l'inclinaison du mortier FAB de 32 degrés; & la plus grande portée de la bombe

96 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

L. V. III.
CHAP. II.
Portée sur un
plan incliné
d'une piece
pointée sous
un angle
donné.

à 45 deg. de 600 toises, qui par conséquent à 32 degrez donnera 539 to. : Si je fais que comme 62487 tangente de l'angle de 32 degrez est à 26795 tangente de l'angle FAC de 15 degrez ; Ainsi l'amplitude AD 539. to. est à une autre ; J'auray 229 pour la longueur FD , qui dans le cas que l'inclination soit

{ sur l'horizon étant ôté de }
{ sous l'horizon étant ajoutée à } 539, donne-³¹⁰₇₆₈ }
pour la longueur horizontale AF.

Maintenant si je fais que comme le sinus total 100000 est à 103528 secante de l'angle FAC de 15 deg. ; ainsi AF {³¹⁰ sur l'horizon } est à un autre ; j'auray pour la longueur du plan incliné AC {^{321 to. sur} } l'horizon. Et si je fais que comme le sinus total 100000 est à 26795 tangente du même angle de 15 degrez ; ainsi AF {³¹⁰ sur } l'horizon , est à un autre ; j'auray pour la hauteur perpendiculaire CF {^{83 to. sur} } l'horizon.

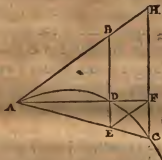


CHAPITRE III.

Trouver l'angle de l'élevation de la piece.

L'IV. III.
CHAP. III.
Trouver l'angle de l'élevation de la piece.

CETTE pratique est de Torricelli qui n'a rien dit de la converse de sa proposition qui est beaucoup plus difficile. C'est à dire lors que la longueur & l'Inclination d'un plan étant donnée au dessus ou au dessous du niveau d'une batterie, l'on veut sçavoir à quel degré



il faut élever la piece où son mortier pour la faire chasser à cette longueur? Comme si l'angle FAC & la longueur AC étant donnez, & par consequent la hauteur perpendiculaire FC & la longueur horizontale AF ; l'on demande quel doit être l'angle FAB suivant lequel la piece où le mortier doit être dressé pour faire passer le boulet ou la bombe par le point C .

En voici diverses regles dont je nommeray les Auteurs dans la troisieme partie de ce dis-

LE V. III. cours, lors que j'expliqueray les propositions
 CHAP. III. d'où les regles ont été tirées.
 Trouver l'an-
 gle de l'éleva-
 tion de la
 piece,

CHAPITRE IV.

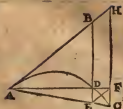
Premiere Pratique par les sinus.

CHAP. IV.
 Premiere pra-
 tique par les
 sinus,

1. **D**IVISEZ le quarré de la moitié de la longueur horizontale AF par la hauteur perpendiculaire CF, ajoutez au Quotient le quart de la plus grande portée. Ensuite faites que comme ce quart est à cette somme, ainsi le sinus de l'angle du plan FAC soit à un autre sinus, dont l'angle étant ajouté à celui de l'inclination du plan, donne le double de l'angle de l'élevation de la piece ou du mortier que l'on demande.

Comme dans l'exemple pris cy-devant, posant que l'angle de l'inclination du plan AC au dessus du niveau des batteries AF est de 15 degrez; l'élevation perpendiculaire CF de 83 toises; la longueur horizontale AF de 310 toises; & la plus grande portée du mortier à l'angle de 45 deg. de 600 toises. Pour trouver quel angle d'élevation il faut donner au mortier pour faire porter la bombe du point A par exemple dans un château sur une montagne en C?

Je prens premierement 155 qui est la moitié de la distance horizontale AF, dont le quarré



LIV. III.
CHAP. IV.
Première pra-
tique par les
sinus.

24025 divisé par la hauteur perpendiculaire CF 83, fait au Quotient 289; à quoy j'ajoute 150 qui est le quart de la plus grande portée, & j'ay 439. Puis je fais que comme ce même quart 150 est à cette somme 439, Ainsi 25882 sinus de l'angle FAC de 15 degrez soit à un autre, c'est à dire à 75747 qui est le sinus de 49. 14' & de son complement à deux droits 130. 46'; j'ajoute 15 degrez, à l'un & à l'autre & j'ay 64. 14' & 145. 46' dont les moitiés 32. 7' & 72. 53'. sont les angles de la direction du mortier que l'on recherche. C'est à dire qu'élevant le mortier suivant l'un ou l'autre de ces deux angles, la bombe partant du point A avec une force capable de la porter à la longueur de 600 to. sous l'angle de 45 degrez, ira frapper au point C élevé sur l'horizon des batteries à la hauteur de 83 to. & éloigné horizontalement de 310 to.

LIV. III,
CHAP. V.
Seconde pratique par les
Sinus,

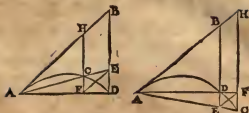
CHAPITRE V.

Seconde pratique par les sinus.

2. FAITES que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total soit à un autre, auquel il faut ajouter la tangente de l'inclination du plan s'il est incliné sur l'horizon, ou l'ôter s'il est incliné au dessous. Puis faire que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan, ainsi cette somme ou difference soit à une autre, & vous aurez le sinus d'un angle auquel ajoutant l'angle du plan l'inclination étant au dessus, ou l'ôtant si elle est au dessous, & prenant la moitié de la somme ou de la difference, vous aurez l'angle de la direction du mortier que vous cherchez.

Comme dans la même hypothèse si le plan est incliné sur l'horizon: Multipliant 155 moitié de la distance horizontale AF par le sinus droit 100000, & divisant le produit 15500000 par 300, qui est la moitié de la plus grande portée, j'ay 51666: à quoy j'ajoute 26795 tangente de l'angle du plan de 15 deg. & la somme est 78455; Que je multiplie par 96593 sinus de 75 degrez complement de l'angle du plan; Et je divise le produit 7578203815 par le sinus total 100000,

LIV. III.
CHAP. V.
Seconde pra-
tique par les
sinus.



pour avoir 75782 sinus de l'angle de $49.16'$ & de son complement à deux droits $130.44'$; & ajoutant 15 degrez de l'angle du plan à l'un & à l'autre, j'ay $64.16'$ & $145.44'$ dont les moitez me donnent $32.8'$ & $72.52'$ pour les angles que l'on demande.

Et si le plan est incliné sous l'horizon; j'ôte 26795 tangente de l'angle du plan, de la somme trouvée 51666. Et le reste est 24865, que je multiplie par les mêmes 96593 sinus de 75 deg. complement de l'angle du plan FAC; dont le produit 2402364503 doit être divisé par le sinus total 100000, & le Quotient 24023 est sinus de l'angle de $13.54'$, & de son complement à deux droits $166.6'$. Enfin ôtant $13.54'$ de 15 deg., & 15 deg. de $166.6'$. Il vient $1.6'$ sous l'horizon, & $151.6'$ au dessus; dont les moitez sçavoir $33'$ sous l'horizon & $75.33'$ au dessus, sont les angles de la position que l'on recherche. C'est à dire qu'élevant le mortier suivant la direction de $75.33'$ sur l'horizon, ou l'abaissant suivant

LIV. III. celle de 33' au dessous, la bombe partant du
 CHAP. I. point A, ira fraper au point C abaissé sous le
 Seconde pra- niveau de la batterie de la hauteur perpendicu-
 tique par les laire FC.
 sinus,

CHAPITRE VI.

Troisième pratique par les sinus.

CHAP. VI. 3.
 Troisième
 pratique par
 les sinus.

MULTIPLIEZ le sinus du comple-
 ment de l'angle du plan par la di-
 stance horizontale & divisez le produit par la
 plus grande portée ; le Quotient sera un nom-
 bre auquel ajoutant celui de la même inclina-
 tion si elle est sur l'horizon, ou l'ôtant si elle
 est dessous ; l'on aura le sinus d'un angle auquel
 il faut ajouter ou ôter l'angle de l'Inclination
 du plan & prendre la moitié de la somme ou
 de la difference pour avoir celui de la position
 du mortier que l'on demande.

Comme si je multiplie 96593 sinus de 75 deg.
 complément de l'inclination du plan sur l'ho-
 rizon, par 310 longueur horizontale ; & divisant
 le produit 29943830 par 600 de la plus grande
 portée, j'ajoute au Quotient 49906 le sinus de
 la même inclination 25882, il viendra 75788 qui
 est le sinus de l'angle de 49.16' & de son com-
 plement à deux droits 130. 44', à quoy ajoutant
 15 deg. de l'élevation du plan, j'ay 64.16', & 145.

44', dont la moitié qui est 32.8' & 75. 52' sont les angles de l'élevation que je dois donner au mortier.

L I V. III.
CHAP. VI.
Troisième
pratique par
les Sinus.

Si le plan avoit été incliné sous l'horizon, j'aurois ôté du même nombre 49906 le même sinus 25882, & le reste m'auroit donné 24024 Sinus de l'angle de 13.54' & de son complement à deux droits 166. 6'; ainsi ôtant 13. 54' de 15 deg., & 15 deg. de 166. 6': Il vient 1. 6' sous l'horizon & 151. 6' au dessus, dont la moitié 33' sous l'horizon & 75. 33' au dessus, sont les angles de position demandez.

CHAPITRE VII.

Quatrième pratique par les sinus.

4. **S**I le plan est incliné sur l'horizon ôtez de la plus grande portée la hauteur perpendiculaire, & multipliez le reste par la même hauteur; Puis ayant divisé le produit par la longueur du plan incliné, ôtez le quotient de la même longueur, & prenez la moitié du reste, qu'il faut ajouter au même Quotient. Ensuite il faut faire que comme cette somme est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; Et vous aurez la secante d'un angle, auquel ajoutant ou ôtant l'angle du plan; Il vient un autre angle qu'il faut ôter ou ajou-

CHAP. VII.
Quatrième
pratique par
les sinus.

LIV. III.
CHAP. VII.
Quatrième
pratique par
les sinus.

ter à l'angle droit, pour en avoir encore un autre dont la moitié est le complément de l'angle de l'élevation du mortier que l'on recherche.



Comme si demeurant dans la même supposition, il falloit tirer dans un château sur une montagne en C élevé sur le plan de la batterie AF de la hauteur perpendiculaire FC 83 to., à la distance de 320 to. sur le plan AC incliné de 15 deg. sur le niveau de la batterie; supposant la plus grande portée du mortier de 600 to. Après avoir ôté la hauteur FC 83 to. de 600; je multiplie le reste 517 par FC 83, & je divise le produit 42911 par AC 320, pour avoir 134 au quotient, que j'ôte de AC 320, puis je prens la moitié du reste 186 qui est 93 que j'ajoute au quotient 134, & j'ay 227. Ensuite je fais que comme 227 est à 300 moitié de la plus grande portée, ainsi 100000 sinus total est à un autre; Et j'auray 132138 secante de l'angle de 40. 50'; auquel a outant ou ôtant l'angle du plan de 15 deg., il vient 55. 50', & 25. 50' qu'il faut ôter ou ajouter à 90 degrez pour avoir 34. 10' & 115. 50' dont les moitiés sont 17. 5' & 57. 55', qui sont les complemens de 72. 58' & 32. 5' angles de la position du mortier que l'on demande.

Si l'inclination du plan est sous l'horizon, ajoutez

LIV. III.
CHAP. VII.
Quatrième
pratique par
les sinus.

ajoutez la plus grande portée à la hauteur perpendiculaire & multipliez la somme par la même hauteur : Puis ayant divisé le produit par la longueur du plan incliné , ajoutez le quotient à la même longueur & ôtez le même Quotient de la moitié de la somme ; Ensuite faites que comme ce reste est à la moitié de la plus grande portée , ainsi le sinus total est à un autre , qui sera la secante d'un angle , duquel ôtant ou ajoutant l'angle du plan , il vient un autre angle qu'il faut ôter ou ajouter à l'angle droit ; Et le reste où la somme est le double du complément de l'angle que l'on recherche.

Come si dans la même hypothèse , il falloit tirer dans quelque endroit au fonds d'une vallée en C abaissé sous le niveau de la batterie A F de la hauteur perpendiculaire FC 83 to. à la distance de 320 toises sur le plan A C incliné de 15 degrez , supposant toujours la plus grande portée de 600 toises. Ayant ajouté la plus grande portée 600 à la hauteur perpendiculaire 83 ; Je multiplie leur somme 683 par la même hauteur 83 , & je divise le produit 56689 par 320 longueur du plan incliné , qui me fait 177 au quotient ; lequel ajouté à la même longueur 320 , fait 497 dont la moitié est 249 , d'où j'ôte le même quotient 177 , & j'ay 72 pour le reste. Ensuite ayant multiplié le sinus total 100000 par la moitié de la plus grande portée 300

LIV. III.
CHAP. VIII.
Cinquième
pratique par
le demi cercle
de Torricelli
réglé,

chante DB égale à EF & divisée en la même, maniere, & avoir, outre le plomb pendant en A, un filet qui puisse couler au long de la droite DB & s'étendre de là sur toutes les parties du demi cercle.

Pour s'en servir il faut du point A conter sur le limbe autant de degrez que contient l'angle de l'inclination du plan comme de AM; Et appliquant le filet de D en M coupant la droite EF en H, conter combien il y a de partie entre E & H. Ensuite il faut prendre sur DB la droite DV & son égale EI sur EF; de sorte que DB soit à DV, comme la plus grande portée est à la distance horizontale donnée, & contant de I en L vers le point F, (si l'inclination est sur l'horizon ;) ou de I en N vers E (si elle est au dessous,) autant de parties qu'il y en a de E en H, dresser le filet de V par les points L ou N, qui touchera le cercle s'il n'y a qu'une solution; ou le coupera en deux points, comme G, Q ou O, P, s'il y en a deux; ou ne le rencontrera point du tout, si le probleme est impossible. Et les points de la rencontre G:Q: ou O:P: seront ceux que l'on recherche: ensorte que mettant le grand bras DC dans l'ame du mortier & le dressant de maniere que le plomb pendant en A tombe sur G:Q: ou O:P: la Bombe sera portée au point où l'on veut qu'elle aille.

Comme dans nôtre exemple supposé que l'an-

gle de l'inclination du plan soit de 15 deg., la distance horizontale de 310 toises, la plus grande portée de 600 to., Et les droites EF & DB partagées en 200 parties. Il faut premierement prendre 15 degrez depuis A jusqu'en M & menant le filet DHM remarquer qu'il y a 53 p. depuis E jusqu'en H sur la droite EF; Ensuite si l'on fait que comme la plus grande portée 600 to., est à la distance horizontale 310 to., Ainsi la ligne EF 200 p. est à une autre? l'on aura DV & EI de 103 p., auxquelles ajoutant IL de 53 p., (si l'inclination est sur l'horizon,) l'on aura EL de 156 p.; & passant le filet du point V par L, il coupera le demi cercle aux points Q de 32 degrez & G de 73 qui sont les angles de la position du mortier que l'on demande, mettant le bras de l'Equerre DC dans l'ame & élevant le mortier en sorte que le plomb pendant en A tombe sur les points de 32 ou de 73 degrez.

LEV. III.
CHAP. VIII.
Cinquième
pratique par
le demicercle
de Torticelli
rectifié.

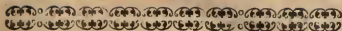
Si l'inclination du plan étoit sous l'horizon, il auroit fallu ôter la droite EH ou IN 53 p. de la ligne EI 103 p., afin d'avoir EN de 50 p.; puis faire passer le filet du point V par le point N, qui auroit couppé le demi cercle au point O 75 $\frac{1}{2}$ degrez & au point P. $\frac{1}{2}$ degré au dela de la droite AD. Ce qui fait voir que les angles de la position du mortier sont en ce cas de 75 $\frac{1}{2}$ deg. sur l'horizon & d'un demi degré au dessous. C'est à dire que le bras DC étant mis dans

110 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. III
CHAP. VIII.
Cinquième
pratique par
le demi cercle
de l'orricelli
rectifié.

l'ame du mortier , il faut le hauffer en sorte que le plomb tombe sur le point O de 75. 30' , ou l'abaisser de maniere que le même plomb coupe le demi cercle prolongé au dela du diametre AD au point P à la distance d'un demi degré depuis le point A.





LIVRE QUATRIÈME. LIV. IV,

Pratique Universelle.

CHAPITRE PREMIER.

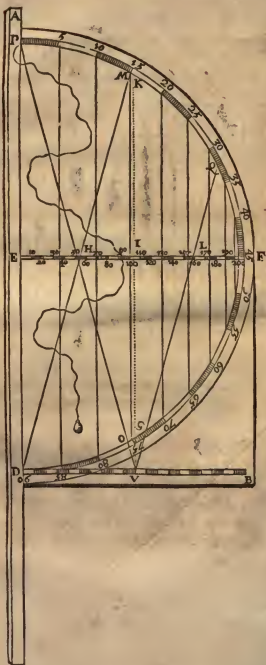
Construction d'un instrument pour toutes sortes de jets.

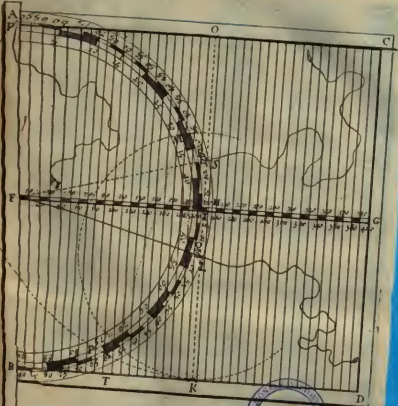
VOICI encore un autre instrument qui n'est pas moins ingénieux que celui de Torricelli, & qui peut servir pour toutes sortes de portées soit qu'on les demande dans l'étendue du niveau des batteries soit qu'on veuille les faire porter sur des plans élevez ou abaissez au dessus ou au dessous du même Niveau.

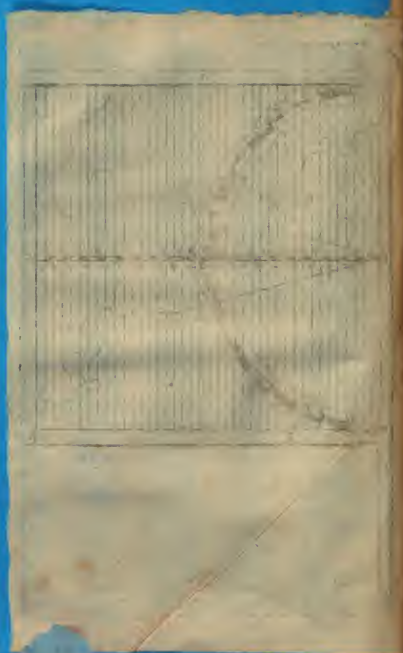
CHAP. I.
Construction
d'un instru-
ment pour
toutes sortes
de jets.

C'est un quarré ABCD dont l'un des côtez comme AB porte à l'un des bouts comme A le plomb attaché à un filet, l'autre B est prolongé vers E, afin que la branche BE puisse entrer dans l'ame du Canon ou du mortier. Le même côté AB est le diamètre du demi cercle AHB dont le centre est en F & qui doit être premièrement divisé en 90 parties égales, ainsi que celui de Torricelli, à commencer du point A sur un des limbes; Et sur l'autre, chaque quart de cercle HA & HB doit être aussi divisé

LIV. IV.
CHAP. I.
Construction
d'un instru-
ment pour
toutes sortes
de jets,







en 90 deg. à commencer du point H. Le demi-diametre perpendiculaire FH continué jusqu'en G, enforte que HG soit égale à FH, doit être aussi partagé en un tres-grand nombre de parties égales à commencer du point F ; & l'on fait passer, par chacun de ses points, des Guides paralleles au diametre AB & traversant jusqu'aux deux côtez opposez AC : BD : qui par ce moïen se trouveront divisez comme la droite FG. Il faut enfin qu'il y ait un filet attaché au centre F. Voila tout ce qu'il faut pour sa construction.

LIV. IV.
CHAP. I.
Construction
d'un instru-
ment pour
toutes sortes
de jets.

CHAPITRE II.

*Son usage pour les portées qui sont au niveau
des batteries.*

L'USAGE en est tel. Si conoissant la portée d'un Canon ou d'un mortier sous un angle donné, l'on veut sçavoir Quelle sera celle de la même piece sous un autre angle ? il faut mettre la pointe du compas simple sur les degrez du premier angle donné marquez sur le limbe qui commence du point A, & l'ouvrant de la grandeur du demi diametre du même limbe, le tourner sur la droite FG & remarquer à quel nombre de parties il repond vers le point G. ; Il en faut ensuite faire autant sur les degrez du se-

CHAP. II.
Son usage
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries. °

114 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. IV.
CHAP. II.
Son usage
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.



cond angle : Car les parties de la droite FG coupées par le premier angle sont aux parties coupées par le second , comme l'étendue de la portée conuë sous l'élevation du premier angle, est à celle que l'on cherche sous l'élevation du second.

LIV. IV.
CHAP. II.
Son usage
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.

Comme si le côté FG étant divisé en 400 parties , l'on propose Quelle sera la portée d'un mortier élevé de 30 degrez , supposé qu'il ait chassé à la longueur de 400 to. sous l'élevation de 21 deg. ? Il faut ouvrir le compas de la grandeur du demi diametre FA , & l'aïant posé sur le bord du demi cercle au point de 21 deg., le tourner du côté de G sur la droite FG , & remarquer à quel point il repond de la même ligne , qui sera dans cet exemple au point 266. Ensuite ayant posé la pointe du compas sur le point de 30 degrez , il faut voir où il coupe la même FG qui doit être au point 346. Enfin il faut faire que comme 266 est à 346 , ainsi la portée du mortier donnée de 400 toises sous l'angle de 21 degrez est à un autre ; Et l'on aura peu plus de 520 toises pour la portée du même mortier élevé sous l'angle de 30 degrez.

Si posant la portée de 400 toises sous l'élevation de 21 deg. l'on vouloit sçavoir à quel angle il faudroit l'élever pour chasser à 520 to. ? Ayant mis la pointe du compas sur 21 deg., & vû qu'il coupe 266 parties sur la droite FG , il

LIV. IV.
CHAP. II.
Son usage
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.

faut faire que comme la portée de 400 to. est à celle de 520 to. , ainsi 266 soit à un autre ; & il viendra 346 ; au point duquel sur la droite GF il faut mettre la pointe du compas toujours ouvert de la grandeur du demi diamètre FA, & voir où il coupera le demi cercle comme aux points 30 & 60. Qui sont les angles de l'élevation du mortier pour le faire chasser à la distance de 520 to. , supposé qu'il ait porté à celle de 400 to. sous l'élevation de 21 degrez.

CHAPITRE III.

Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

CHAP. III.
Pour les por-
tées qui ne
sont pas au ni-
veau des bat-
teries.

LA difficulté n'est pas plus grande pour déterminer les portées vers les endroits élevez ou abaissez sous l'horizon ; supposé que l'on conoisse la plus grande portée de la piece ou du mortier , l'angle de l'inclination du plan & la distance horizontale , si c'est l'angle de l'élevation du mortier que l'on cherche : ou que l'on conoisse les angles du plan & du mortier , avec la plus grande portée , si c'est la distance horizontale , ou la longueur du plan incliné , ou enfin la hauteur perpendiculaire que l'on demande.

CHAPITRE IV.

LIV. IV.
CHAP. IV.
Trouver l'élevation de la
pièce, quand
l'inclination
est au dessus
du niveau des
batteries.

Trouver l'élevation de la pièce, quand l'inclination est au dessus du niveau des batteries.

AU premier cas, il faut faire que comme la plus grande portée est à la distance horizontale donnée, ainsi les parties contenues dans la droite FG, soient à un nombre de parties de la même ligne. Ensuite il faut étendre le filet attaché au centre F & le faisant passer par le degré de l'inclination du plan marqué sur le bord du quart de cercle de H vers B (si l'inclination est au dessus de l'horizon,) ou de H vers A (si elle est au dessous,) voir en quel point il coupera la Guide qui passe par le nombre de parties de la droite FG que nous avons marquées; car le point sera le centre d'un arc de cercle dont le rayon est ce qui reste de la même guide depuis ce point jusqu'au côté BD du quarré, & qui touchera ou coupera le demi cercle en des points qui marqueront les angles de la position du mortier que l'on demande.

Comme dans l'Exemple que nous avons rapporté cy-devant, ou nous avons supposé la plus grande portée de 600 to., & que le point où l'on veut tirer est dans un plan incliné 15 deg. au dessus ou au dessous de l'horizon des batte-

LIV. IV.
CHAP. IV.
Trouver l'é-
levation de la
pièce, quand
l'inclination,
est au dessus
du niveau des
batteries.



ries à la distance horizontale de 310 to. ; Il faut
 premierement faire que comme 600 to. est à 310,
 ainsi 400 parties de la droite FG est au nombre
 206 qui repond au point I sur la même FG, par
 où il faut entendre que passe la Guide KIO
 parallele au diametre AB ; Ensuite en faisant
 passer le filet du point F par Q où il y a 15 deg.
 depuis H vers B (si l'élévation est sur l'horizon,)
 remarquer le point L où il coupera la Guide
 IK ; & ce point L, sera le centre sur lequel met-
 tant la pointe du compas ouvert de l'étendue
 LK, & décrivant un arc de cercle, il touchera
 le demi cercle, si le probleme n'a qu'une solu-
 tion ; ou le coupera en deux points comme Mm
 s'il en a deux ; ou ne le rencontrera point du
 tout, s'il est impossible ; & les points de la ren-
 contre Mm marqueront sur le bord interieur
 du demi cercle, dont les degrez commencent
 du point A, les angles de la position du mor-
 tier que l'on demande. C'est à dire que dans nô-
 tre hypothese le point M donnera l'angle de 32
 degrez & mcelui de 72 ; sur lesquels il faut que
 le plomb pendant en A tombe, lors que le bras
 BE est au dedans de l'ame du mortier,

LIV. IV.
 CHAP. IV.
 Trouver l'éle-
 vation de la
 piece, quand
 l'inclination
 est au dessus
 du niveau des
 batteries.



LIV. IV.
CHAP. V.
Trouver l'é-
levation de la
pièce, quand
l'inclination
est au dessus
du niveau des
batteries.

CHAPITRE V.

Trouver l'élevation de la pièce, quand l'inclination est au dessus du niveau des batteries.

SI sur la même supposition, l'inclination du plan étoit au dessous du niveau de la batterie, il faudroit prendre l'arc de 15 degré de son inclination du point H vers A comme HR, & passant le filet du point F par R, voir où il coupe la Guide KIO comme en S, où mettant la pointe du compas, ouvert de l'étendue SK, faire l'arc KP*p* qui coupera le demi cercle en P où il y a 75.30', & en *p* au dela du point A à la distance de 30'. qui sont ceux de la position du mortier que l'on cherche. De manière que le haussant de telle sorte que le bras BE étant dans l'ame du mortier, le plomb tombe du point A sur 75, 30', où le baissant tellement qu'il tombe sur le point *p* au dela du point A de 30', la bombe ira frapper au lieu abaissé sous l'horizon comme on le demande.



CHAP. VI.



LIV. IV.
CHAP. V.
Trouver l'éle-
vation de la
pièce, quand
l'inclinaison
est au dessous
du niveau des
parties.

P

LIV. IV.
CHAP. VI.
Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

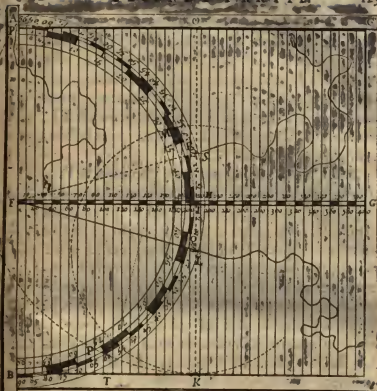
CHAPITRE VI.

Trouver la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou la perpendiculaire.

MAINTENANT, supposant que l'angle de l'inclination du plan soit toujours de 45 degrés sur le niveau des batteries, la plus grande portée de 600 toises & un angle donné de l'élevation du mortier de 72 degrés. Si l'on veut savoir quelle sera la distance horizontale, ou la longueur du plan incliné, ou même la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera sur le plan? Il faut du point Q ou repond l'angle du plan sur le limbe des degrés du demi-cercle qui commencent au point H, prendre avec le compas la distance Qm , c'est à dire jusqu'au point qui repond sur l'autre limbe à 72 degrés de l'angle donné de l'élevation du mortier, & la rapporter du même point Q sur l'autre côté du demi-cercle comme au point M; puis faisant passer le filet par les deux points M m, voir où il coupera le côté BD comme en T; car BK double de BT, donnera la distance horizontale FI de 256 parties, & par conséquent la guideline & le point L où elle est coupée par le filet FQ; & rapportant les droites FL & IL sur FG, vous trouverez 215 p. pour la longueur du plan

L'IV. IV.
CHAP. VI.

Trouver la
distance hori-
zontale, ou la
longueur du
plan incliné,
ou la perpen-
diculaire,

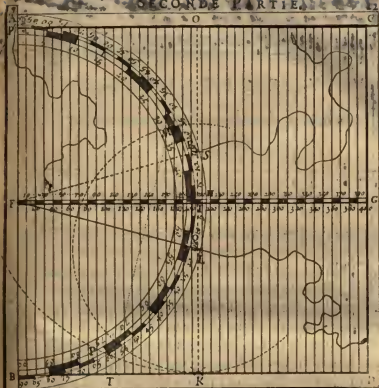


LIV. IV.
CHAP. VI.
Trouver la
distance hori-
zontale, ou
la longueur
du plan incli-
né, ou la per-
pendiculaire.

Si le plan est incliné sous l'horizon & l'angle de l'élevation du mortier donné de $75.30'$, il faudroit mettre le compas sur le point R où répond l'angle du plan sous l'horizon & l'ayant étendue jusqu'en P. où sont marquées les $75.30'$ de l'angle donné du mortier, le tourner de l'autre côté en Q où il coupe le demi cercle prolongé au delà du point A ; & par les points P & Q faire passer le filer jusqu'à ce qu'il coupe le côté du quadré BD comme en T ; car le double de la corde BT pris sur la droite FG, donnera la longueur de la distance horizontale & la Guide qui lui répond, & par conséquent le point S ; & la longueur de la distance sur le plan incliné PS & celle de la hauteur perpendiculaire IS ; qui sur cette hypothèse seront toujours les mêmes, c'est à dire que l'on aura 310 to. pour la distance horizontale FI ; 83 to. pour la hauteur perpendiculaire sous le niveau de la batterie IS ; & 320 to. pour la longueur du plan incliné FS.

Si le plan est incliné sous l'horizon & l'angle de l'élevation du mortier donné de $75.30'$, il faudroit mettre le compas sur le point R où répond l'angle du plan sous l'horizon & l'ayant étendue jusqu'en P. où sont marquées les $75.30'$ de l'angle donné du mortier, le tourner de l'autre côté en Q où il coupe le demi cercle prolongé au delà du point A ; & par les points P & Q faire passer le filer jusqu'à ce qu'il coupe le côté du quadré BD comme en T ; car le double de la corde BT pris sur la droite FG, donnera la longueur de la distance horizontale & la Guide qui lui répond, & par conséquent le point S ; & la longueur de la distance sur le plan incliné PS & celle de la hauteur perpendiculaire IS ; qui sur cette hypothèse seront toujours les mêmes, c'est à dire que l'on aura 310 to. pour la distance horizontale FI ; 83 to. pour la hauteur perpendiculaire sous le niveau de la batterie IS ; & 320 to. pour la longueur du plan incliné FS.

LIV. IV.
CHAP. VI.
Trouver la
distance ho-
rizontale, ou
la longueur
du plan incli-
né ou la per-
pendiculaire.



LIVRE CINQUIÈME.

*Application du compas de proportion aux jets
des Bombes.*

CHAPITRE PREMIER.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

CHAP. I.
Usage du
compas de
proportion
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.

CEUX qui sçavent bien l'usage du compas de proportion ordinaire, pourront utilement s'en servir pour le jet des Bombes sur toutes sortes de plans, soit qu'ils soient dans le niveau des batteries, soit qu'ils soient inclinez au dessus ou au dessous du même niveau, sans avoir besoin d'aucunes tables ny d'aucun autre instrument que d'un compas commun. Car prenant sur la ligne des cordes le double des sinus des angles proposés, l'on pourra leur trouver des proportionelles sur celle des parties égales.

Ainsi conoissant la portée horizontale d'une piece ou d'un mortier suivant la direction d'un angle donné; si l'on veut sçavoir quelle sera la portée de la même piece suivant la direction d'un autre angle: il faut premierement prendre

sur la ligne des cordes la longueur de celle du quadruple du premier angle proposé & la rapporter transversalement sur les parties égales aux points repondans à l'étendue de la première portée ; puis prendre sur les cordes la longueur de celle qui repond au quadruple du second angle proposé & voir du côté des parties égales quels sont les points auxquels cette grandeur peut être appliquée transversalement ; car ce seront ceux qui marqueront l'étendue de la seconde portée que l'on demande.

LIV. V.
 CHAP. I.
 Usage du
 compas de
 proportion
 pour les por-
 tées qui sont
 au niveau des
 batteries.

Comme dans l'exemple proposé cy-devant où la portée d'une bombe tirée sous l'élévation de 21 deg. est de 400 to. ; si l'on demande quelle sera celle du même mortier élevé sous l'angle de 30 degrez ? Je prens premièrement sur la ligne des cordes l'étendue de celle de 84 deg. quadruple du premier angle proposé de 21 deg. ; Puis prenant le quart des 400 to. sçavoir 100 (à cause que le nombre des parties égales n'est ordinairement que de 200 sur le compas de proportion,) j'applique transversalement aux points 100. 100 : des parties égales, l'étendue de la corde que j'ay prise ; Puis ayant pris la corde de 120 deg. quadruple du dernier angle proposé de 30 deg. ; je cherche sur le compas ainsi ouvert à quels points des parties égales, elle peut être appliquée transversalement ; & je trouve que ce sont les points 130 : 130 : , dont le quadruple qui

LIV. V.
CHAP. I.
Usage du
compas de
proportion
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.

est 520 toises me donne la portée du mortier que je recherche.

Si dans la même hypothèse où la portée est de 400 to. à 21 deg., j'avois voulu sçavoir à quel degré il faut élever le mortier pour le faire chasser à la longueur horizontale de 520 to. ? Après avoir appliqué la corde de 84 deg. quadruple de 21 deg. transversalement sur les points 100 : 100 : des parties égales, j'aurois pris sur le compas ainsi ouvert la distance transversale qui est entre les points 130 : 130 : du même côté, laquelle étant rapportée sur la ligne des cordes donne celle de 120 deg., dont le quart 30 deg. ou son complement 60 degrez, sont les angles de la position du mortier que l'on demande. Je prens les points 130 : 130 : parce que le nombre est le quart du proposé 520 comme les points 100 : 100 : sont le quart de l'autre proposé 400 : ayant pû prendre $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4}$: ou telle autre partie de l'un & de l'autre qui auroit le plus commodement réussi sur les parties égales du compas.

Pour dresser le mortier suivant la direction d'un angle donné avec le compas de proportion ; il faut premierement l'ouvrir de la capacité de cet angle en prenant la longueur de sa corde & l'appliquant transversalement sur les points 60 : 60 : des mêmes cordes ; Puis mettant un de ses bras sur le mortier en sorte que la tête du compas étant tournée vers sa bouche, le
même

même bras soit parallèle à l'axe de l'ame, il faut élever le mortier de manière que l'autre bras devienne parallèle à l'horizon, ce qui se cônoit en appliquant sur ce bras un de ces petits niveaux d'émail ou tel autre que l'on jugera à propos.

LI V. V.
CHAP. I.
Usage du
compas de
proportion
pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.



CHAPITRE II.

Usage du Compas de proportion pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

L'USAGE du compas de proportion n'est pas plus difficile pour les portées sur des plans inclinez au dessus ou au dessous du niveau des batteries ; car il ne faut que prendre la longueur de la plus grande portée sur la ligne des

CHAP. II.
Usage du
compas de
proportion
pour les por-
tées qui ne
sont pas au
niveau des
batteries.

R

LIV V.
CHAP. II.
Usage du
compas de
proportion
pour les por-
tées qui ne
sont pas au
niveau des
batteries.

parties égales, & y appliquer transversalement celle de la distance horizontale ; puis sur cette ouverture de Compas prendre sur la même ligne des parties égales, la longueur de la corde du double du complément de l'angle du plan proposé, & ajouter à celle qui lui répond transversalement la corde du double du même angle ; & cet agregé sera la corde d'un angle, à la moitié duquel & à son complément à deux droits, ajoutant l'angle de l'inclination du plan, vous aurez le double des angles que l'on demande.

CHAPITRE III.

Trouver l'élevation de la piece quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

CHAP. III.
Trouver l'éle-
vation de la
piece quand
le plan est in-
cliné sur le ni-
veau des bat-
teries.

COMME dans nôtre exemple, supposé que la plus grande portée soit de 600 to., la distance horizontale de 310 to. & l'angle de l'inclination du plan sur l'horizon de 15 deg. : Parce que le plus grand nombre des parties égales qui est sur le bras du compas de proportion ordinaire n'est que 200 qui est le tiers de 600 to. de la plus grande portée, je prens sur la même ligne la longueur de $103 \frac{1}{3}$ p. qui est le tiers de la distance horizontale que j'applique transversalement sur les points 200 : 200 ; Puis ayant pris la longueur de la corde de 150 deg. double de 75 qui est le complément de l'angle du plan

de 15 deg., Je la rapporte au long de la ligne des parties égales pour prendre la transversale sur les points où elle repond , à laquelle ajoutant la corde de 30 deg. double du même angle du plan de 15 deg., j'ay la corde de 98. 30' dont la moitié est 49. 15' & son complement à deux droits 130. 45'. Et ajoutant 15 deg. à l'un & à l'autre , j'ay 64. 15'. & 145. 45' dont les moitiez 32. 7 $\frac{1}{2}$ ' & 72. 52 $\frac{1}{2}$ ' sont les angles de la position du mortier que l'on recherche.

LIV. V.
CHAP. III.
Trouver l'élevation de la piece quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.

L'application du mortier avec le compas de proportion est la même que celle que nous venons d'enseigner; Mais si au lieu de tenir le bras extérieur parallele à l'horizon , l'on vouloit decouvrir l'objet au long du même bras en y mettant des pinules ; il faudroit en ce cas diminuer l'angle trouvé de la grandeur de celui du Plan , & ayant ouvert le compas de la capacité du reste , hausser le mortier jusqu'à ce que l'on decouvre au long des pinules le point où l'on veut frapper. Comme en nôtre exemple étant 15 deg. de 32. 7 $\frac{1}{2}$ ' & de 72. 52 $\frac{1}{2}$ ' ; l'on auroit 17. 7 $\frac{1}{2}$ ' & 57. 52 $\frac{1}{2}$ ' , dont il faudroit apliquer la corde transversale aux points 60 : 60 : des mêmes cordes , & tenant ainsi le compas ouvert , mettre un de ses bras parallele à l'ame du mortier , qu'il faut ensuite élever jusqu'à ce que , par les pinules posées au long de l'autre bras l'on puisse voir l'objet élevé ou l'on veut faire porter la bombe.

132 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. V.
CHAP. III.
Trouver l'élevation de la
piece quand
le plan est in-
cliné sur le
niveau des
batteries.



CHAPITRE IV.

*Trouver l'élevation de la piece quand le plan est
incliné sous le niveau des batteries.*

CHAP. IV.
Trouver l'é-
levation de la
piece quand le
plan est incli-
né sous le ni-
veau des bat-
teries.

SI sur les mêmes hypothèses le plan avoit
été incliné sous le niveau de la batterie ;
Après avoir ouvert le compas de proportion en-
forte que la longueur de $103 \frac{1}{2} p.$, qui est le tiers

de la distance horizontale, soit la transversale sur la ligne de parties égales des points 200: 200: qui sont le tiers de la plus grande portée, & appliqué sur le même côté la corde de 150 deg. double de 75, qui est le complement de l'angle du plan de 15 deg.; il faut ôter de la transversale la longueur de la corde de 30 deg. double du même angle du plan; & le reste est la corde de 28. 50'; d'où ayant ôté 15 deg., le reste est l'angle de 13. 50.' & son complement à deux droits 166. 10'; Puis prenant la difference de l'un & de l'autre & de 15 deg.; c'est à dire ôtant 13. 50' de 15 deg., ou 15 deg. de 166. 10', il reste 1. 10' & 151. 10, dont les moitiez 35' & 75. 35' sont les angles recherchez De sorte qu'ouvrant le compas de la grandeur de ces angles, & disposant le mortier en sorte que l'un des bras convenant à l'ame, l'autre soit parallele à l'horizon; La bombe ira fraper au point proposé.

Si ajoutant l'angle du plan qui est de 15 deg., à chacun de ces angles, qui vous donneront par conséquent 15. 35' & 80. 35', vous ouvrez votre compas de leur grandeur; vous pourrez élever le mortier de maniere que l'un des bras convenant à l'ame, vous decouvriez le point abaissé sous le niveau des batteries ou vous voulez fraper, par les pinules posées au long de l'autre bras.

LIV. IV.
CHAP. V.
Trouver l'élévation de la piece quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.

LIV. V.
CHAP. V.
Trouver la
distance ho-
rizontale ou
la longueur
du plan incli-
né, ou la per-
pendiculaire.

CHAPITRE V.

Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

LORS que connoissant l'angle du plan & celui de la position du mortier, l'on veut savoir quelle est la distance horizontale ? ou la longueur du plan incliné ? ou la hauteur perpendiculaire à laquelle la bombe arrivera ? supposé que la plus grande portée soit de 600 to. : voici comme il faut faire.

Otez l'angle du plan du double de celui de l'élevation du mortier, puis ayant pris la corde du double du reste ou de son complement à deux droits (si ce reste, excède un angle droit,) ôtez en la corde du double de l'angle du plan. Ensuite appliquez ce reste transversalement sur les parties égales aux points où se termine la corde du double du complement de l'angle du plan ; car le compas étant ainsi ouvert, la transversale sur les parties égales repondant aux points de la plus grande portée ou de quelqu'une de ses parties, vous donnera la distance horizontale, ou telle autre de ses parties semblable à celle que l'on a prise pour la plus grande portée.

Ensuite si vous appliquez transversalement la

corde du double de l'angle du plan sur les points des parties égales où repond la longueur de la corde du double de son complement; La transversale repondant à la distance horizontale que vous avez trouvée vous donnera la hauteur perpendiculaire.

L. V. V.
 CHAP. V.
 Trouver la distance horizontale ou la longueur du plan incliné ou la perpendiculaire.

Enfin appliquant transversalement la corde du double de l'angle droit, c'est à dire celle de 180 deg. sur les mêmes points des parties égales où repond celle du double du complement de l'angle du plan; la transversale de la même distance horizontale sera l'étenduë sur le plan incliné.

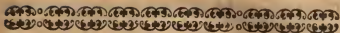
Comme dans nôtre exemple ou l'angle de l'inclination du plan sur l'horizon est de 15 deg. & la plus grande portée de 600 to : Si l'on demande quelle sera la distance horizontale lors que le mortier est élevé de 72. 52 $\frac{1}{2}$ ' ? j'ôte les 15 deg. de l'angle du plan, de 145. 45' double de 72. 52 $\frac{1}{2}$ '. Et le reste est 130 45' : qui est plus grand qu'un droit ; ainsi je prens son complement à deux droits 49. 15', dont le double est 98. 30', duquel je prens la corde sur le compas, d'où ôtant celle de 30 deg. double de l'angle du plan; j'applique le reste transversalement sur les parties égales aux points où repond la corde de 150 deg. double de 75 deg. qui est le complement du même angle du plan ; & le compas étant ainsi ouvert je prens la transversale des points 200 : 200 : laquelle me vient de la longueur de

LIV. V.
CHAP. V.
Trouver la
distance ho-
rizontale ou la
longueur du
plan incliné
ou la perpen-
diculaire.

$103\frac{1}{3}$ parties. De sorte que comme le nombre 200 est le tiers des 600 to. de la plus grande portée, ainsi je trouve que le triple de $103\frac{1}{3}$ c'est à dire 310 to., est l'étendue horizontale que je demande.

Cela posé : je prens la corde de 30 deg. double de l'angle du plan, & l'ayant appliquée transversalement sur les parties égales aux points où repond la corde de 150 deg. double de 75, qui est le complement du même angle du plan; je prens sur le compas ainsi ouvert, la transversale des points trouvés $103\frac{1}{3} : 103\frac{1}{3}$: de la distance horizontale, & l'étendant sur les mêmes parties égales, je trouve $27\frac{2}{3}$ p., dont le triple est 83 to. pour la hauteur perpendiculaire recherchée.

En la même maniere ouvrant le compas par l'application de la corde de 180 deg. double de l'angle droit, sur les mêmes points des parties égales où repond celle de 150 degrez double du complement de l'angle du plan, & prenant la transversale des mêmes points trouvez de la distance horizontale $103\frac{1}{3} : 103\frac{1}{3}$; Je trouve $106\frac{2}{3}$ dont le triple 320 to. me donne l'étendue du plan incliné.



LIVRE SIXIÈME.

Autre instrument Universel pour le jet des Bombes.

LIV. VI.
Autre instru-
ment Univer-
sel pour le jet
des Bombes,

NOUS ajouterons ici la construction & l'usage d'un instrument que l'on peut appeller Universel pour le jet des Bombes, parce qu'il sert en la même maniere pour toutes sortes de positions, soit qu'elle soient au niveau des Batteries, ou qu'elles ny soient pas.

CHAPITRE PREMIER.

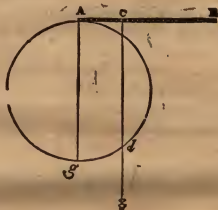
Construction d'un instrument Universel pour le jet des Bombes.

SA Construction est tres simple. C'est un Cercle assez grand & d'une matiere solide, qui a une touchante de même matiere, c'est à dire une regle attachée immobile perpendiculairement au bout de l'un de ses diametres, égale au même & divisée en un tres-grand nombre de parties égales. Il a deplus un plomb attaché à un filet qui peut couler librement au long de la regle & s'arrêter sur toutes ses divisions. Comme en cette figure, le cercle est A d g & la regle A E attachée immobile au

CHAP. I.
Construction
d'un instru-
ment Univer-
sel pour le jet
des Bombes,

LIV. VI.
CHAP. I.
Construction
d'un instru-
ment univer-
sel pour le jet
des Bombes.

Cercle au point A , à angles droits sur le dia-
mètre Ag ; égale au même , & divisée en un
tres-grand nombre de parties égales. Le plomb
O pent au filet qui coule au long de la regle
A E , & peut s'arrêter sur tous ses points com-
me en C.



CHAPITRE II.

*Usage d'un instrument Universel pour le jet,
des Bombes.*

CHAP. II.
Usage d'un
instrument
Universel
pour le jet des
Bombes.

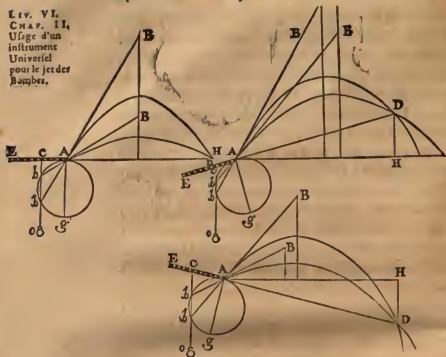
SON usage est assez facile : Car connoissant
la plus grande portée du Canon ou du
mortier , la distance horizontale , & l'angle de
l'inclination du plan s'il y en a ; Pour trouver

l'élevation de la piece ou du mortier ? il faut
 premierement faire que comme le nombre des
 toises , des pieds , ou d'autres mesures contenues
 dans la plus grande portée , est à celui des mê-
 mes mesures comprises dans la moitié de la di-
 stance horizontale : Ainsi le nombre des parties
 égales de la regle est à un autre ; Et poser le fi-
 let du plomb sur ce dernier nombre de parties
 de la regle à commencer du point où elle est at-
 tachée au cercle. Puis disposant l'instrument en-
 sorte que la regle soit tournée vers le but où
 l'on veut faire passer le boulet ou la bombe ; le
 filet du plomb touchera ou coupera la Circon-
 ference du cercle en des points , d'où menant
 des droites continuées par le point de l'attou-
 chement de la regle , elles donneront en dehors
 les directions de la piece ou du mortier que l'on
 demande.

LIV. VI.
 CHAP. II.
 Usage d'un
 instrument
 Universel
 pour le jet des
 Bombes.

Comme si conoissant la plus grande portée ,
 & la distance horizontale AH , l'on veut trou-
 ver la direction de la piece ou du mortier pour
 faire porter le boulet ou la Bombe au but D ,
 soit que ce but soit au niveau de la batterie , soit
 qu'il se trouve au dessus ou au dessous. Je fais
 premierement que comme le nombre des toi-
 ses , des pieds , ou d'autres mesures contenues dans
 la plus grande portée , est à celui des mê-
 mes mesures comprises dans la moitié de la di-
 stance AH : Ainsi le nombre des parties égales

LIV. VI.
CHAP. II.
Usage d'un
instrument
Universel
pour le jet des
Bombes.



de la règle AE est à un autre, qui soit, par exemple, celui des parties comprises entre A & C ; Et je place le filet du plomb au point C . Puis disposant le cercle de champ & perpendiculaire à l'horizon, en sorte que la règle EA soit tournée vers le but D en quelque situation qu'il puisse être à l'égard du niveau de la batterie; je prens garde aux endroits où le filet du plomb coupe la circonférence du cercle,

comme aux points *bb*, (car il le touchera nécessairement en un point , où il le coupera en deux points , si le probleme est possible.) Après quoi je n'ay qu'à mener par le point *A* les droites *bAB*, *bAB*, & j'auray les lignes *AB*, *AB* pour la direction du mortier ou de la piece comme je le demande.

LEV. VI.
CHAP. II.
Usage d'un
instrument
Universel
pour le jet des
Bombes.

Je ne m'arrêterai pas à faire voir que l'on peut conôître la hauteur perpendiculaire du but *HD*, la longueur du plan incliné *AD*, & rous les autres cas qui accompagnent cette proposition, parceque cela est fort facile, si l'on a une fois bien compris la construction & l'usage de cet instrument & ce qui s'est dit ci-devant sur cette matiere.

CHAPITRE III.

Autre usage de cet instrument Universel

J'AJOUTERAY seulement que si la regle étoit divisée en un nombre de parties égales, qui fut ou égal au plus grand que celui des toises, des pieds, ou d'autres mesures contenues dans la plus grande portée d'une piece de Canon ou d'un mortier ; l'on pourroit donner plus de facilité à l'usage de cet instrument en y ajoutant une autre regle égale à la premiere, divisée de même, & attachée au même point au bout du

CHAP. III.
Autre usage
de cet instru-
ment Universel.

LIV. VI.
CHAP. III.
Autre usage
de cet instru-
ment Univer-
sel.

diametre du cercle , enforte neanmoins' qu'elle se puisse mouvoir & faire tel angle que l'on voudra avec la regle immobile : Car par ce moïen l'on n'auroit pas besoin de faire de Regle de Trois pour la pratique.

Il faudroit seulement , si le nombre des mesures de la plus grande portée étoit égal à celui des parties de la regle , attacher le filet au bout extérieur de la mobile ; puis posant l'instrument dans sa situation , enforte que le plan du cercle étant à plomb , la regle immobile fut dressée vers le but , élever la regle mobile jusqu'à ce que le filet du plomb vint à couper sur l'immobile un nombre de ses parties égal à celui des mesures contenues dans la moitié de la distance horizontale. Car ce même filet marqueroit sur la circonference du Cercle un , ou deux points , d'où menant des droites par le bout du diametre ou les regles sont attachées ; vous auriez en dehors les lignes de direction



pour le Canon ou pour le mortier ainsi que vous le demandez.

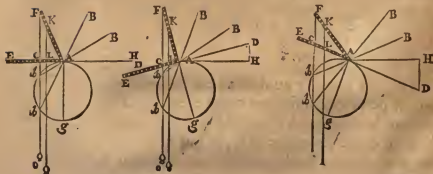
LIV. VI.
CHAP. III.
Autre usage
du même té-
llement Uni-
versel.

Comme en cet exemple où j'ay joint à la regle immobile AE au point A , une autre regle AF égale à AE , également divisée, & mobile autour du même point A . Supposé que le nombre des parties égales de la regle AF ou AE soit égal ou plus grand que celui des toises, des pieds ou d'autres mesures contenues dans la plus grande portée de la piece ou du mortier dont je cherche la position pour faire porter le boulet ou la bombe au but D , connoissant la distance horizontale AH .

Au premier cas : lorsque le nombre des parties de la regle est le même que celui des mesures de la plus grande portée, je n'ay qu'à attacher le filet du plomb au bout F de la regle mobile AF ; & posant le plan du cercle dans sa situation perpendiculaire à l'horizon, en sorte que la regle EA soit dressée vers le but D , j'éleve l'autre regle AF , jusqu'à ce que le filet du plomb passe comme en C , sur un nombre de parties de la regle AE égal à celui des mesures de la moitié de la distance horizontale AH . Car ce filet coupera le cercle au dessous en un ou, deux points de sa circonference comme en bb ; d'où menant les droites bAB , bAB ; Elles donneront hors du cercle les lignes AB , AB , de la direction du Canon ou du mortier ainsi que l'on le demande.

LIV. VI.
CHAP. III.
Autre usage
du même in-
strument Uni-
versel,

Il n'y a pas plus de difficulté pour le second cas, c'est à dire lorsque le nombre des parties de la règle est plus grand que celui des mesures de la plus grande portée. Car il ne faut que prendre sur la règle mobile depuis le point A autant de parties qu'il y a de mesures dans la plus grande portée & y attacher le filet comme au point K; puis mettant l'instrument dans sa position perpendiculaire, avec sa règle EA dressée vers le but D, élever la règle AF jusqu'à ce que le filet du plomb passe du point K sur le point comme L de la règle immobile AE, en sorte que le nombre de ses parties comprises entre A & L, soit égal à celui des mesures contenues dans la moitié de la distance horizontale AH. Après quoi laissant les deux règles en cet état, il faut remettre le filet au bout F de la règle mobile, lequel passant par le point C de l'immobile, coupera dans cette position la circon-



ference

ference du cercle en un ou deux points comme *bb*, d'où menant les droites *bAB*, *bAB* par le point *A*; l'on aura les lignes *AB*, *AB* au dehors du cercle pour les lignes de direction de la piece de Canon ou du mortier, ainsi que l'on le demande.

LIV. VI.
CHAP. III.
Autre usage
de cet instru-
ment Uni-
versel.





L'ART DE JETTER LES BOMBES.

ET DE CONNOITRE L'ÉTENDUE DES COUPS
de volée d'un Canon en toutes sortes d'Elevations.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA THEORIE DU JET DES BOMBES.

LIVRE PREMIER.

Doctrine de Galilée sur le mouvement.

Liv. I.

CHAPITRE PREMIER.

*Dialogues Mécaniques de Galilée du mouvement
& de la résistance des solides.*

C'EST sur la doctrine de Galilée que sont
fondées toutes les pratiques que nous ve-
nons d'enseigner dans la seconde Partie de ce

CHAP. I.
Dialogues
Mécaniques
de Galilée du
mouvement
& de la rési-
stance des so-
lides.

T ij

LIV. I.
CHAP. I.
Dialogues
Mécaniques
de Galilée du
mouvement
& de la rési-
stance des so-
lides,

Livre. Il est le premier qui ait raisonné juste-
ment sur cette matière, & qui ait decouvert la
veritable nature du mouvement, tant de celui
que l'on appelle mouvement naturel qui est le
propre des corps qui tombent (comme on dit)
par leur propre poids vers le centre de la terre,
que du mouvement violent, qui est celui des
corps jetés, c'est à dire de ceux qui sont portés
par une force qui leur a été imprimée du dehors.

Toute cette science du mouvement, aussi bien
que celle de la résistance des solides, que cet Au-
teur appelle *Sciences nouvelles*, parce qu'il en est
le premier Inventeur, est contenuë dans le livre
de ses Dialogues intitulé *Discorsi e dimostrazioni
Matematiche intorno à due nuove scienze attenenti
alla meccanica & a' movimenti locali*; imprimé en
Hollande par les Elzevirs en l'année 1638; Et
c'est à la generosité de feu Monsieur le Conte
de Noailles que nous avons l'obligation d'un
present si exquis.

Y. VI I Ce Seigneur étant Ambassadeur à Rome avoit
employé efficacement ses offices pour la libe-
ration de Galilée prisonnier de l'Inquisition,
pour avoir dans ses Dialogues du Systeme du
monde, appuyé les raisons du mouvement de
la Terre que Copernique, qui vivoit sur la fin
du penultième siecle, avoit tirées de la doctrine
des anciens Philosophes de la secte de Pythagore.
Et Galilée pour reconnoissance d'un bienfait si

genereux , lui fit present de cet ouvrage manuscrit, que nous tenons par ce moïen de la liberalité de Monsieur de Noailles qui a voulu faire part de son tresor au public.

LIV. I.
CHAP. I.
Dialogues
mecaniques
de Galilée du
mouvement
& de la res-
sistance des
Solides,

C H A P I T R E II.

Deux especes de mouvement.

G A L I L E E dans ce livre reconoît d'abord deux especes dans le mouvement , dont l'une est celle du mouvement *égal & uniforme* & l'autre est celle du *mouvement inégal* qui s'augmente incessamment & qu'il appelle mouvement *uniformement acceleré*, qui est un mot dont nous nous servirons , quoy qu'il soit peu en usage , parce qu'il explique assez la nature de ce mouvement.

CHAP. II.
Deux especes
de mouve-
ment.

L'uniforme est donc celui par lequel un mobile parcourt des espaces égaux dans des temps égaux ; Et c'est , dit - il , celui qui est naturellement propre aux mobiles qui se meuvent en rond sur des centres , comme est celui des corps Celestes , qui n'est perpetuel que par son uniformité & par son égalité , laquelle conserve le mobile dans une unité de subsistance sans y apporter aucune alteration ; au lieu que le mouvement inégal ne peut jamais être de longue durée , à cause des diverses mutations qu'il apporte sur la

LIV. I.
CHAP. II.
Deux espèces
de mouve-
ment.

consistance du mobile par l'inegalité de ses impressions.

Je ne m'arrêteray point à raconter de quelle maniere il refute le sentiment de ceux qui ont crû que dans le mouvement uniformement accéléré, la vitesse s'augmentoît à proportion des espaces que le mobile parcouroit dans sa chute; Et comme il fait voir qu'outre la vitesse & l'espace, il faut encore necessairement faire considération du temps & de la durée, pour avoir une connoissance exacte de cette espèce de mouvement. Je me contenteray d'expliquer les deux pensées qui lui sont venues sur ce sujet, dont la premiere est decrite dans ses Dialogues du Systeme du monde, & l'autre, qui paroît être son veritable sentiment, est expliquée fort au long dans ses Dialogues de Mécanique.

CHAPITRE III.

*Premiere pensée de Galilée pour expliquer
l'augmentation de vitesse du mouvement
accéléré.*

CHAP. III.
Premiere pen-
sée de Galilée
pour expli-
quer l'aug-
mentation de
vitesse du
mouvement
accéléré.

DANS la premiere il dit donc que l'accélération de vitesse dans la chute des corps, se faisoit, peut-être, de telle sorte que les espaces parcourus par le mobile, étoient égaux aux sinus versés des arcs de l'Equateur de la Terre,

pendant qu'elle se mouvoit sur son propre centre en 24 heures. Ce que l'on peut faire entendre en cette manière,

LIV. I.
CHAP. III.
Première pen-
sée de Gaillée
pour expli-
quer l'aug-
mentation de
vitesse du
mouvement
accélééré.



de leurs extremités sur le diametre AB, sont
EH:FI:GK:&c., & les sinus versés sont les por-
tions du même diametre AH:AI:AK. Puis
ayant supposé que le point Z, qui part du point
A sur le même Equateur, soit porté d'un mou-
vement égal & uniforme par les points EFGD
TBY jusqu'à ce qu'il retourne au même point
A au bout de 24 heures: Et qu'au moment que
Z part du point A, le mobile tombe aussi du
même point pour descendre avec une vitesse
uniformement accelerée vers le centre C. Le
mobile, suivant cette premiere opinion, par-
courra dans sa chute les espaces AH:HI:IK:&c.,
au même temps que le point Z passera de son
mouvement journalier égal & uniforme par les
arcs de l'Equateur AE:EF:FG.

LIV. I.
CHAP. IV.
Suites admirables de la
premiere pen-
sée de Galilée.

CHAPITRE IV.

Suites admirables de la premiere pensée de Galilée.

Les consequences que l'on peut tirer de ce sentiment sont admirables dont voici les principales.

Premierement que le mouvement de ce corps tombant, composé de celui de sa chute qui est uniformement accéléré, droit & à plomb vers le centre de la terre, & de celui qui lui est communiqué



par le mouvement journalier de la terre qui est circulaire, uniforme & égal, décrit aussi une ligne circulaire. C'est à dire que le poids tombant du point A avec un mouvement composé de celui qui l'emporte par sa propre gravité, perpendiculairement & avec précipitation vers le centre de la terre C; & de celui qui l'emporte en rond & uniformement par le mouvement journalier de la surface de la Terre du point A par les points E: F: G: D: &c. décrira par sa chute la ligne circulaire ALMN.

Car

Car (comme il est démontré dans la Geometrie) les sinus versés $AH:AI:AK$: étant égaux aux lignes $EL:FM:GN$; le corps mobile dans le temps qu'il est emporté par le mouvement de la Terre au long des arcs $AE:AF:AG$: descend par l'impression de sa gravité au long des lignes $EL:FM:GN$; & lors que le mobile Z est en E , le mobile tombant est en L ; & lors que Z est en F , l'autre est en M : & Z étant en G , le corps tombant est en N : & ainsi des autres. Mais tous ces points $ALMN$ sont dans la circonférence d'un cercle ; Et partant la ligne que décrit un poids par sa chute , suivant cette hypothese , est circulaire.

LIV. I.
CHAP. I V.
Suites admirables de la première pensée de Galilée.

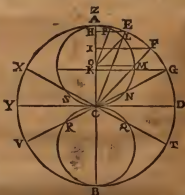
En second lieu. Quoy que le corps qui tombe acquiere, en chacun des momens de sa chute de son mouvement droit , un nouveau degré d'augmentation de vitesse : Il est pourtant vray que dans son mouvement composé , dont nous venons de parler , il est porté uniformement , également , & sans aucune acceleration. L'on peut dire de plus que ce mouvement de Lation ou de transport est précisément égal à celui dont il seroit porté par la seule circulation journaliere de la Terre , quand il seroit demeuré comme en repos au premier point de sa chute A .

Car si vous menez du point O , où est le centre du cercle $ALMN$, les lignes $OL:OM$:

LES. I.
CHAP. IV.
Suites admirables de la première pensée de Galilée.

& la droite OP : parallèle à CE . La raison des angles AOL & AOM sera la même que celle des angles ACE & ACF , (car ceux la sont doubles de ceux-cy ;) Et partant la raison de l'arc AM à l'arc AL sera la même que de l'arc AF à l'arc AE ; & en divisant l'arc AE sera à EF comme l'arc AL à LM . d'où il s'ensuit que posant AE égal à EF ; AL sera aussi égal à LM . Mais les arcs AE & EF sont parcourus en temps égaux par le mouvement journalier, pendant lesquels le poids tombant passe les arcs AL & LM , ainsi que nous l'avons démontré cy-devant : Donc les temps des chutes du poids par les arcs égaux AL & LM seront égaux. Et ceci se pouvant démontrer dans tous les arcs du cercle ALM décrit par la chute du mobile ; l'on peut dire que le mouvement du mobile tombant, composé du droit accéléré & du circulaire uniforme, est égal & uniforme, puis qu'il parcourt des Arcs égaux en temps égaux.

Maintenant comme OP est parallèle à CE , l'angle AOP est égal à ACE , & partant l'arc



LIV. I.
CHAP. VI.
Suivre admirables de la première pensée de Galilée.

AP est au cercle ALM, comme l'arc AE au cercle AEF; & en permutant & changeant l'arc AE est à l'arc AP, comme la circonference du cercle AEF à la circonference du cercle ALM, c'est à dire comme le diametre AB au diametre AC, mais AB est double de AC; donc l'arc AE sera double de l'arc AP. Maintenant parce que l'angle AOL est double de l'angle ACE, ou de son égal AOP, l'arc AL sera aussi double de l'arc AP; donc les arcs AE & AL seront égaux. Mais nous venons de montrer que le mobile en tombant decrit par sa chute l'arc AL au même temps que le point Z, c'est à dire le même mobile demeurant comme en repos, seroit porté du mouvement journalier de la Terre au long de l'arc AE; Donc le mobile en tombant est réellement porté d'un mouvement égal à celui qui lui seroit communiqué par le seul mouvement de la Terre s'il ne ressentoit aucune impression ni de sa propre gravité ni de sa chute.

Enfin si vous supposés qu'il y ait un passage libre & perpendiculaire, par lequel le mobile en tombant de la surface de la Terre, puisse aller jusqu'au centre, & dela jusqu'à la surface opposée; il arrivera par cette hypothese, que ce mobile tombant, en quelque point du diametre de la Terre que sa chute commence, (comme sur sa surface au point A,) emploiera precisement six

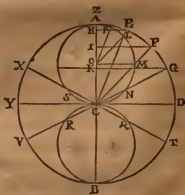
LIV. I.
CHAP. IV.
Suites admirables de la
première pen-
sée de Gali-
lée.

heures de temps à arriver au centre ; D'où il passera en remontant vers l'autre part en six autres heures , jusqu'à la surface opposée en B ; & de la retombant une autre fois , il sera encore six heures à retourner au centre ; & six autres heures à remonter au lieu d'où il étoit premièrement parti. Desorte qu'il parcourra deux fois le diamètre de la Terre tant en allant qu'en revenant précisément en vingt quatre heures.

Car ce mobile en tombant du point A, n'arrivera point au centre C, que le point Z, partant au même temps du même point A, ne soit arrivé par le mouvement de l'Équateur en D ; après avoir parcouru le quart du même Equateur AD, c'est à dire au bout de six heures : Et comme les degrez de vitesse ac-

degrez de vitesse acquise au point C, diminuent en montant vers la surface opposée en B, en la même proportion inverse de celle par laquelle ils s'étoient augmentez en descendant de A vers C, en sorte que les espaces soient toujours

comme les linus versés de l'Equateur ; l'on pourra
démontrer par un raisonnement pareil à ce-



lui dont nous nous sommes servis , que le mobile montant de C en B avec un mouvement composé du droit uniformement diminué & d'un circulaire uniforme & égal , décrira la circonférence du cercle C Q B , & qu'il sera en Q lors que Z sera en T , & n'arrivera point en B , que lorsque Z aura parcouru l'autre quart de l'Equateur D T B , c'est à dire au bout de six heures. Ainsi le mobile tombant du point B en C , décrira la circonférence B R C dans le même temps que Z passant de B parcourra le quart de l'Equateur B V Y. Et enfin le même mobile remontant de C en A , décrira la circonférence C S A pendant que le point Z passera en six heures le dernier quart de l'Equateur Y X A.

Et de cette maniere un mobile parcourroit deux fois en un jour le diametre entier de la Terre en allant & en revenant. Cette reciproca-tion journaliere d'allées & de retours dureroit éternellement , (parce principe de mecanique , qu'une vertu une fois imprimée dans un corps y demeure d'elle même perpetuellement sans en sortir jamais , à moins qu'elle ne soit chassée par quelque cause externe ;) si la resistance du dehors ne l'arrêtoit , & particulierement celle de l'air ; qui diminuant insensiblement la vitesse de la chute du mobile , la reduiroit à la fin au mouvement égal ou au neant , & le feroit arrêter au centre , où il demeureroit en repos.

LIV. I.
CHAP. V.
Seconde pen-
sée de Galilée
pour expli-
quer l'aug-
mentation de
vitesse au mou-
vement acce-
léré.

Au reste il paroît que cette supposition bannit de la Nature toutes sortes de mouvemens par ligne droite.

CHAPITRE V.

*Seconde pensée de Galilée pour expliquer
l'augmentation de vitesse au mouvement
accélééré.*

VOICI maintenant l'autre maniere par laquelle Galilée explique la nature de cette augmentation de vitesse dans les corps qui tombent vers le centre de la terre. Il dit donc que le mouvement uniformement accéléré est celui dans lequel le mobile acquiert en chacun des momens égaux de sa chute, des degrez égaux de vitesse. C'est à dire que la vitesse du mobile au second temps, (supposant que tout le temps de sa chute soit divisé en parties égales,) est double de celle qu'il avoit au premier temps; celle du troisième temps triple de celle du premier, celle du quatrième quadruple du même, & ainsi des autres.

Dela vient que les espaces parcourus, étant en raison composée de celles des temps & des vitesses, sont en raison doublée, ou comme les quarez, des uns ou des autres. C'est à dire que l'espace parcouru en deux temps à commencer

toujours du premier point de sa chute, est quadruple de l'espace qui a été passé dans le premier temps; l'espace parcouru en trois temps sera neuf fois plus grand que l'espace passé dans le premier; l'espace en quatre temps sera à celui du premier comme 16 à 1. Et ainsi du reste, selon la suite des premiers quarez.

LIV. I.
 CHAP. V.
 Seconde pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vitesse au mouvement accéléré.

Ce qui fait que les espaces parcourus dans des temps égaux sont entr'eux dans la suite des premiers nombres impairs, 1:3:5:7:9:11:&c. qui sont les différences des premiers quarez. Comme si l'espace parcouru dans le premier temps de la chute est 1, l'espace passé dans le deuxième sera 3 ou triple du premier; & l'espace du troisième temps sera 5; au quatrième moment l'espace aura 7: au cinquième 9: & ainsi des autres à l'infini.

CHAPITRE VI.

Explication de la même pensée.

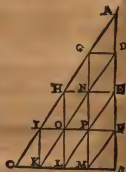
CETTE doctrine s'explique bien par le moïen d'un triangle, comme ABC dont il faut couper un des côtez comme AB, en autant de parties égales que l'on veut comme AD:DE:EF:FB; puis de chacun des points de division D:E:F:, l'on mene deux lignes parallèles aux deux autres côtez du triangle comme

CHAP. VI.
 Explication de la même pensée.

LIV. I.
CHAP. VI.
Explication
de la même
penée,

DG, DK:EH, EL:FI, FM: & enfin les droites GM:HL:IK: parallèles à AB, qui passeront nécessairement par les points N:O:P: où les autres lignes se coupent. Par cette intersection de lignes il se fait un bon nombre de triangles égaux & semblables tant entr'eux qu'au grand Triangle.

Ceci posé: l'on prend toute la ligne AB pour la mesure du temps de la chute d'un corps, & chacune des parties AD: DE: EF: FB: pour des momens égaux. Puis l'on prend la droite GD pour la mesure du premier degré de vitesse acquise par le corps tombant dans le premier moment AD.



Et puisque, par l'hypothèse, le mobile à chacun des momens égaux de temps acquiert des degrez égaux de vitesse, la vitesse au second moment pourra être déterminée par la ligne EH dans laquelle la ligne NH égale à GD est ajoutée à la même GD ou à son égale EN; & la vitesse du troisième moment par la droite FI, dans laquelle OI égale à GD, est ajoutée à OF égale à EH; ainsi la vitesse du quatrième moment, sera entendue par la ligne BC, où la droite KC égale à GD, est ajoutée à BK égale à la précédente IF; & ainsi des autres.

Maintenant

Maintenant comme l'on entend que les vitesses & les temps croissent continuellement en même proportion depuis le point de la chute A; les produits de la composition des uns & des autres, qui sont les espaces parcourus par le mobile, s'expliqueront bien par les triangles; En sorte que l'espace passé dans le premier moment AD avec un degré de vitesse DG soit le triangle ADG; Et l'espace passé dans le second moment DE avec deux degrez de vitesse EH soit le trapeze GDEH; & l'espace du troisième EF avec les trois degrez de vitesse FI soit le trapeze EHIF; Et enfin l'espace du quatrième moment FB avec les quatre degrez de vitesse BC soit le trapeze BCIF.

Car il y a trois triangles dans le trapeze GD EH égaux & semblables au premier triangle ADG, cinq triangles dans le trapeze HEFI, & sept dans le trapeze BCIF. En la même maniere que l'espace du premier moment étant 1, celui du second est 3, celui du troisième est 5, celui du quatrième est 7; & ainsi des autres. C'est à dire que ces triangles, aussi bien que les espaces, sont entr'eux dans la suite des premiers nombres impairs 1:3:5:7:9:11. &c.

D'où l'on peut conoître pour quelle raison Galilée appelle le mouvement uniformement accéléré, celui qui partant du point du repos, acquiert en tous les momens égaux de Temps, des degrez égaux de vitesse.

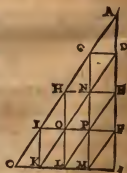
LIV. I.
CHAP. VII.
Propriétés du
mouvement
accélééré,

CHAPITRE VII.

Propriétés du mouvement accéléré.

CE mouvement sur cette hypothèse des propriétés admirables, dont voici les principales.

1. Si un mobile est porté d'un mouvement égal & uniforme avec un degré de vitesse égal à celui qu'il auroit acquis par le mouvement accéléré tombant d'une certaine hauteur en un certain temps ; il parcourra dans un temps égal, un espace double de celui qu'il avoit passé en tombant depuis le commencement de sa chute. Car l'espace DGNE que le mobile passeroit d'un mouvement égal & uniforme dans le moment DE, avec le degré de vitesse GD, est double de l'espace ADG qu'il a passé dans un moment égal, d'un mouvement accéléré depuis le point de sa chute A.



2. Un mobile porté sur des plans diversement inclinés, acquiert un même degré de vitesse par tout où il y a même hauteur perpendiculaire.

3. Les temps qu'un mobile employe à passer sur des plans égaux & diversement inclinés, & qui ont même hauteur perpendiculaire, sont entr'eux comme les longueurs des mêmes plans.

LIV. I.
CHAP. VII.
Propriétés du
mouvement
accélééré.

4. Les temps qu'un mobile employe à passer sur des plans égaux & diversement inclinez, sont entr'eux en raison sous doublée & reciproque de la hauteur perpendiculaire des même plans.

5. Dans un cercle élevé à plomb, un mobile est autant de temps à passer par le quart de cercle que par aucun de ses arcs moindres que le quart.

6. Un mobile passera sur les plans posez suivant les cordes de tous les arcs du cercle qui commencent ou finissent à l'un des bouts du diametre perpendiculaire, dans le même temps qu'il parcourra le même diametre.

7. Le temps du mouvement du mobile au long de l'arc, est moindre que celui du mouvement du même mobile au long de la corde du même arc, quoy que l'arc soit plus grand que la corde, &c.



LIV. I.
CHAP. VIII.
Suites admirables des propriétés du mouvement.

CHAPITRE VIII.

Suites admirables des propriétés du mouvement.

AU reste quoi que le mouvement égal & uniforme , & celui qui est uniformément accéléré soient d'une nature si différente : l'on voit néanmoins naître d'eux les mêmes cercles & les mêmes sphères. Car si l'on suppose



une infinité de lignes droites se coupant toutes en un même point s'étendre de toutes parts , sur lesquelles des mobiles partant du même point en même moment soient entendus se mouvoir

rous d'un mouvement égal & uniforme; Ces mobiles se trouveront toujours dans la circonférence de mêmes cercles qui peuvent être décrits & plus grands & plus grands à l'infini, autour de ce même point comme d'un centre; & dont ces mêmes lignes droites seront les demi-diametres.

LIV. I.
CHAP. VIII.
Suites admirables des propriétés du mouvement,

Mais si vous entendez que des mobiles, tombant en même moment du même point, soient portés vers le centre avec un mouvement uniformément accéléré au long des mêmes lignes; Ces mobiles se trouveront toujours dans la circonférence de mêmes cercles & plus grands & plus grands à l'infini, qui se toucheront tous



LIV. I.
CHAP. VIII.
Suites admirables des propriétés du mouvement.

à ce même point immobile avec le plan horizontal, que l'on y fera passer ; Et ces droites seront les cordes des arcs de ces cercles.

Au reste comme il est difficile de comprendre qu'un mobile puisse d'abord acquérir un degré de vitesse déterminé, sans avoir passé par tous les degrez precedens de moindre velocity ; On peut ici juger pour quelle raison les Anciens ont été persuadez que les sentimens de Platon avoient quelque chose de divin. Car ce Philosophe dit sur ce sujet que Dieu ayant, peut-être, créé les Astres dans un même lieu de repos, les avoit laissé dans la liberté de se mouvoir en ligne droite & vers un même point, à la maniere des choses pesantes qui sont portées vers le centre de la terre, jusqu'à ce qu'ayant dans leur chute passé par tous les degrez de vitesse, ils eussent acquis celui qui leur étoit destiné ; après quoy il avoit converti ce mouvement droit & acceleré en mouvement circulaire pour le rendre égal & uniforme, afin qu'ils pussent le conserver éternellement.

Ce qu'il y a de plus admirable dans cette pensée, c'est que les proportions qui se trouvent entre les distances des Astres & les differences de la vitesse de leurs mouvements, se trouvent assez conformes aux suites de ce raisonnement ; & qu'il ne seroit, peut-être, pas absolument impossible de determiner la situation de ce pre-

mier lieu de repos , d'où ils auroient tous commencé de se mouvoir.

LIV. I.
CHAP. VIII.
Suites admirables des propriétés du mouvement.

CHAPITRE IX.

Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.

VOILA donc en peu de discours les deux opinions rapportées par Galilée pour expliquer la nature du mouvement des corps qui tombent, lesquelles sont fondées sur des raisons assez également probables & marchent sur des proportions si prochaines, qu'il est presque impossible à l'esprit humain de les discerner par l'expérience, ou de les convaincre de faux dans les hauteurs qui sont à notre connoissance.

CHAP. IX.
Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.

Ce qui se confirme par la proximité des nombres dont on mesure les espaces qui se parcourent en l'une & en l'autre de ces hypothèses dans les même temps. Car si l'on suppose qu'il se fasse un espace au premier moment; il s'en fera 3 moins $\frac{1}{2}$ au second dans la première supposition, & seulement 3 dans la dernière; au troisième moment il se parcourra 5 moins $\frac{1}{6}$ dans la première, & 5 dans l'autre; au quatrième l'espace sera 7 moins $\frac{1}{4}$ dans l'une, & 7 dans l'autre; au cinquième moment il sera 9 moins $\frac{1}{3}$ dans l'une, & 9 dans l'autre; & ainsi consecutivement à l'infini. Où l'on voit que les diffé-

LIV. I.
CHAP. IX.
Raisonnement
sur les deux
pensées de
Galilée.

rences sont si petites & si peu reconnoissables dans les plus grandes hauteurs où nous pouvons faire les experiences , qu'il est moralement impossible de juger avec certitude de la verité ou de la fausseté de l'une ou de l'autre de ces deux opinions.

Il est vray néanmoins que Galilée, après avoir parlé de la premiere dans ses Dialogues du Systeme du monde, d'une maniere à faire croire que ce fut son veritable sentiment , s'explique affirmativement sur la derniere dans le livre du Mouvement qu'il a composé tout exprés pour ce sujet ; où il assure sans balancer que cette hypothese est celle qu'il tient pour veritable & par la force de la raison & par la conformité de plusieurs experiences.



LIVRE DEUXIÈME.

LIV. II.

Théorie du mouvement de projection.

CHAPITRE PREMIER.

Especies différentes du mouvement de projection.

AU reste il a falu dire la plus part des choses que nous avons expliquées sur la nature du mouvement naturel qui convient aux corps pesants qui tombent vers le centre de la Terre, pour bien comprendre ce que nous allons remarquer sur la nature du mouvement violent, qui est le propre des *Corps jettez*, c'est à dire de ceux qui sont portés par l'impression d'une force qui leur est communiquée par une cause externe; & pour faire conoitre Quelle est la ligne que ces corps jettés decrivent dans l'air par leur passage?

CHAP. I.
Especies différentes du mouvement de projection.

Ce mouvement done, que nous pouvons appeller *mouvement de Projection*, se fait perpendiculairement ou vers le haut ou vers le bas, ou bien horizontalement vers les côtez, ou enfin suivant quelque ligne de direction entre la perpendiculaire & l'horizontale.

LIV. II.
CHAP. II.
Mouvement
perpendicu-
laire en haut
ou en bas.

CHAPITRE II.

Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.

Celui qui se fait perpendiculairement vers le haut est continuellement arrêté ou retardé par la pesanteur du corps jetté laquelle, entraînant continuellement ce corps en bas, fait que son mouvement va toujours en diminuant, & qu'il ne dure que tant que la force de l'impression qui le porte en haut, & qu'il a de la cause qui l'a jetté, se trouve supérieure à celle de se porter vers le bas, qui lui vient de sa gravité : Car le corps jetté cesse de monter au moment que les deux impressions deviennent égales, & il commence à tomber aussi-tôt que celle de la pesanteur commence à prevaloir sur l'autre.

Où il faut remarquer que les espaces parcourus par le mobile jetté vers le haut, sont en proportion reciproque de ceux qui sont parcourus dans les mêmes temps par le mobile tombant. C'est à dire que les vitesses diminuent en montant en la même proportion inverse qu'elles augmentent en descendant ; D'où il arrive que le même corps passe par les mêmes espaces dans des temps égaux en montant & en descendant.

Car si l'on entend que tout le temps qu'un

mobile employé à monter, est divisé en un certain nombre de parties égales, comme par exemple en cinq; il est constant que si l'espace qu'il parcourt au premier temps contient 9 mesures, celui du second temps en contiendra 7, celui du troisième 5, celui du quatrième 3, & enfin l'espace parcouru au cinquième ou dernier temps, n'aura que 1 de ces mesures, jusqu'au moment où il se trouve en équilibre sans monter n'y descendre: Et qu'aussi-tôt qu'il descend, il parcourt par proportion inverse les mêmes espaces dans les mêmes temps; c'est à dire qu'au premier temps il descend 1 mesure, au second 3, au troisième 5, au quatrième 7, & enfin au cinquième ou dernier 9: mettant parce moyen autant de temps précisément à descendre qu'il en a employé à monter.

Le mouvement de projection fait à plomb vers le bas, reçoit une nouvelle impression de vitesse par l'augmentation de celle que le corps acquiert par sa seule gravité, en tombant.

L'une & l'autre de ces projections perpendiculaires, soit en haut soit en bas, comparée à nous, se fait toujours par une ligne droite, à laquelle la pesanteur du corps jetté n'altère rien quant à la direction; le changement qu'elle y apporte est seulement qu'elle accourcit la droite du mouvement vers le haut, & qu'elle allonge celle du mouvement vers le bas.

LIV. II.
CHAP. III.
Mouvement
de projection
horizontale.

CHAPITRE III.

Mouvement de projection horizontale.

IL n'en est pas de même du mouvement des corps jettez horizontalement ou a côté ; car la pesanteur apporte beaucoup d'alteration à la ligne de leur direction , laquelle ne peut pas demeurer droite ; au contraire elle devient courbe en changeant de route.

Et parce que nous ferons voir dans la suite, que cette courbe est une espece de ligne reguliere, que les Geometres appellent *ligne Parabolique*, qui se fait sur la surface d'une Cone coupé par un plan dont l'axe est paralel au côté du même Cone ; il est necessaire, avant que de passer outre, de donner ici quelque connoissance de cette ligne & de quelques unes de ses proprietiez qui font à nôtre sujet.

CHAPITRE IV.

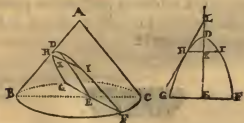
Naissance & proprietiez de la ligne Parabolique.

CHAP. IV.
Naissance &
proprietiez de
la ligne Para-
bolique.

SOIT donc un Cone BAC , qui a le point A pour sommet & le cercle $B G C F$ pour base, coupé premierement par le sommet A suivant le diametre de la base BC ; il est constant

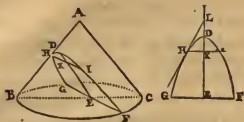
LIV. II.
CHAP. IV.
Naissance &
proprietez de
la ligne para-
bolique,

qu'il naitra de cette coupe le triangle ABC que l'on appelle *le triangle par l'axe du Cone*. Soit maintenant dans le plan de la base du Cone mené, de quelque point que ce soit, la droite FG coupant le diametre BC à angles droits, comme au point E ; d'où la ligne ED soit élevée dans le plan du triangle par l'axe, parallele au côté AC , & rencontrant en D l'autre côté AD du même triangle; & soit entendu un plan mené par les droites DE : GF , il paroît que ce plan coupera le cone & qu'il tracera par cette section sur sa surface convexe, une ligne courbe GH DIF , qui est celle dont nous parlons, que les Anciens ont appelé *ligne parabolique*; & *Parabole* la figure comprise entre cette ligne courbe & la ligne droite GF ; dans laquelle parabole la ligne ED s'appelle *l'axe*, GF ; la *base* ou *l'amplitude*, & les droites comme HK & KI paralleles à la base, s'appellent les *Ordonnées*.



Les principales proprietez de cette figure,
Y iij

LIV. II.
CHAP. IV.
Naissance &
propriétés de
la ligne para-
bolique,



sont que les portions de l'axe sont entr'elles en raison doublée des ordonnées qui leur correspondent. C'est à dire que la partie de l'axe $E'D$ est à la partie DK en raison doublée, ou comme le carré de l'ordonnée GE au carré de l'ordonnée HK . D'où vient que si GE est double de KH , la droite ED sera quadruple de DK ; & si GE est triple de KH , ED contiendra DK neuf fois, & ainsi des autres.

L'autre propriété est celle-cy: continuant l'axe ED , & prenant en dehors une portion comme DL , égale à DK ; si vous joignez les points H & L par une droite HL , elle touchera la ligne parabolique au point H .



CHAPITRE V.

La ligne de la projection horizontale est parabolique.

LIV. II.
CHAP. V.
La ligne de la
projection
horizontale
est parabolique.

CECI posé : pour rechercher Quelle est la ligne des corps jettéz horizontalement ? Imaginons nous qu'une boule de matiere uniforme , tres dure & parfaitement ronde , est mise sur un plan parfaitement dur & uni , & également éloigné de toutes parts du centre de la Terre. Il est premierement certain que la boule ne touchera le plan qu'en un seul point, qui sera dans la droite venant du centre de la Terre à celui de la boule ; & qu'elle demeurera en repos en cet état , dans lequel il n'y a point de raison qui la fasse plutôt mouvoir d'un côté que d'autre : car la matiere étant égale & uniforme , les momens de pesanteur de ses parties autour du centre sont égaux.

Mais si elle reçoit impression de quelque cause externe, qui la determine vers quelque endroit; il est encore vray de dire que cette boule sera muë, parce que cette force imprimée à ôté l'équilibre de ces momens des parties qui sont autour de son centre : & que son mouvement sera perpetuel si l'on suppose qu'il n'ait aucun empêchement de dehors ; parce qu'il n'y a rien au dedans qui puisse arrêter ou changer cette di-

LIV. II.
CHAP. V.
La ligne de la
projection
horizontale
est parabolique.

rection de ses parties vers un endroit déterminé, laquelle lui a été une fois imprimée.

De plus comme il est encore véritable qu'il n'y a rien de défini dans l'extension ou grandeur de cette force d'impression qui a été communiquée à la boule ; Et que cette force a pu être plus grande & plus grande à l'infini : il est aussi constant que la vitesse du mouvement de cette boule a pu être en la même manière plus grande & plus grande à l'infini ; & qu'elle a pu perséverer toujours dans un mouvement uniforme , avec ce degré de vitesse.

Et c'est ainsi que l'on peut expliquer avec apparence , l'uniformité , l'égalité , & la durée perpétuelle du mouvement des Corps célestes , qui , peut-être , ont reçu dans le temps de leur création cette impression de vitesse déterminée qu'ils conservent toujours également par leur mouvement circulaire , dans lequel il ne trouvent aucun empêchement qui leur résiste.

Maintenant dans le temps que cette boule se meut suivant cette position , avec quelle vitesse que ce soit , sur ce plan horizontal ; si nous concevons que ce plan qui la soutient est ôté tout à coup , & que la boule soit laissée dans une entière liberté de se mouvoir selon son inclination : Il est vrai qu'elle continuera son premier mouvement suivant l'impression qu'elle avoit

avoit & vers la même part où elle alloit , lors qu'elle se mouvoit sur le plan : Mais qu'à l'arrivée d'une nouvelle impression que sa propre gravité lui communique & dont l'effet étoit auparavant arrêté par le plan , Elle sera contrainte de se détourner de la droiture de sa direction , & de s'abaisser insensiblement dans la suite de son mouvement.

LIV. II.
CHAP. V.
La ligne de la
projection
horizontale
est parabolique.

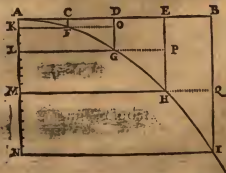
Ainsi elle décrira dans son passage une ligne formée par ces deux mouvements , dont l'un est égal & uniforme qui lui vient de la première impression , c'est à dire de l'impulsion du corps qui la pousse ; & l'autre est uniformément accéléré qui lui est communiqué par sa propre pesanteur.

Et comme les espaces parcourus dans un mouvement égal sont en même proportion que les temps , au lieu que ceux qui sont parcourus dans un mouvement accéléré sont en raison sous doublée des mêmes temps ; il naît de la composition de ces deux mouvemens la même proportion qui se rencontre , comme nous avons dit cy-devant , entre les portions de l'axe & les ordonnées de la Parabole , qui par conséquent est la nature de la ligne courbe que cette boule décriroit dans son passage , ou tout autre mobile qui seroit jetté horizontalement.

Comme si nous comprenons que le corps qui a été jetté horizontalement suivant la ligne de

LIV. II.
CHAP. V.
La ligne de la
projection
horizontale
est parabolique.

direction AB , a parcouru dans le premier moment de temps l'espace AC par le mouvement égal de l'impulsion, & l'espace CF par le mouvement accéléré de sa pesanteur; il est constant que dans le second moment, il parcourra l'espace CD égal au premier AC par le mouvement égal, & l'espace OG triple de CF par l'accélééré; Et que la toute DG ou AL sera quadruple de CF ou AK . Ainsi dans le troisième moment il passera l'espace DE égal à AC par le mouvement égal, & l'espace PH quintuple de CF par l'accélééré; Et la ligne EH ou AM sera à CF ou AK comme 9 à 1. Enfin dans le quatrième moment il parcourra l'espace EB égal à AC par le mouvement égal, & QI septuple de CF par l'accélééré; Et BI ou AN sera à CF ou AK comme 16 à 1. & ainsi des autres.



Et comme le mobile au premier moment se trouve par ces deux mouvements au point F ,

LIV. II.
CHAP. V.
La ligne de la
projection
horizontale
est parabolique.

au point G dans le second, au point H dans le troisième, & au point I dans le quatrième; il paroît que la courbe AFGHI sera decrite par son passage, dans laquelle la ligne AN étant à AK comme 16 à 1; & à AB à AC, c'est à dire NI à KF, comme 4 à 1; Le diametre ou l'axe AN, est à sa portion AK en raison doublée de celle de l'ordonnée NI à l'ordonnée KF. Ainsi la raison de AM à AK qui est de 9 à 1, est doublée de celle de MH à KF, c'est à dire de AE à AC qui est de 3 à 1. Et celle de AL à AK qui est de 4 à 1, doublée de celle LG à KF, c'est à dire de AD à AC qui est de 2 à 1. Et partant que la courbe AFGHI decrite par le passage du mobile jetté horizontalement, est celle que l'on appelle *ligne Parabolique*, dont le sommet est A, l'axe est à AN, & les ordonnées sont KF; LG:MH:NI.&c.

CHAPITRE VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

Nous pouvons avec un raisonnement semblable faire voir que les projections qui se font obliquement & suivant des directions inclinées entre l'horizontale & la perpendiculaire, decrivent des lignes Paraboliques

CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi paraboliques.

LIV. II.
CHAP. VI.

Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.

LIV. II. aussi bien que les projections horizontales.
CHAP. VI.

Car nous servant de la même figure, si nous menons la droite IP continuée depart & d'autre qui touche la parabole AGI en I, & coupe son axe NA prolongé en P. Il est premièrement constant, (parce que nous avons remarqué cy-



devant pour une des principales proprieté de la ligne Parabolique ,) que la ligne AP sera égale à AN ou B I , & la droite AD égale à DB , & continuant FC en O , la droite IP sera coupée en portions égales aux points 7 : D : O , comme la droite AB l'est aux points C : D : E .

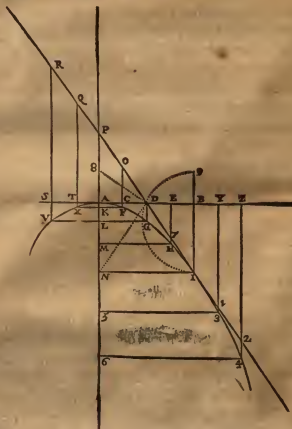
L I V . II.
CHAP. V I.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parabo-
liques .

Maintenant si nous entendons qu'un mobile soit poussé suivant la direction de la ligne IP par une puissance qui soit d'autant plus grande que celle qui le poussoit suivant la direction horizontale AB , que l'inclinée IP est plus grande que l'horizontale AB ; C'est à dire que la vitesse imprimée à ce second mobile , soit à la vitesse imprimée au premier , comme IP est à AB : Il sera vray de dire , en faisant abstraction de la pesanteur , que ce mobile parcourra , d'un mouvement uniforme & égal , toute la longueur IP au même temps que le premier à parcouru la longueur AB , & que le second passera par les espaces égaux I 7 : 7 D : D O : O P : dans les mêmes temps que le premier à passé par les espaces égaux de l'horizontale A C : C D : D E : E B . Mais dans le temps que le premier de ces mobiles à passé d'un mouvement égal l'espace A C , Il est descendu par sa propre gravité , d'un mouvement accéléré , de la longueur de la ligne A K ou C F ; Donc , dans le temps que ce second mobile passera d'un mouvement égal par l'espace I 7 , il descendra d'un mouvement accéléré de la

182 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parabo-
liques.

même hauteur perpendiculaire AK ou 7 H. Et en deux temps parcourant d'un mouvement égal les deux espaces ID, il descendra, par le mouvement accéléré de sa pesanteur, à la hauteur perpendiculaire AL ou DG. Ainsi en trois temps il passera également les trois espaces IO, & l'es-



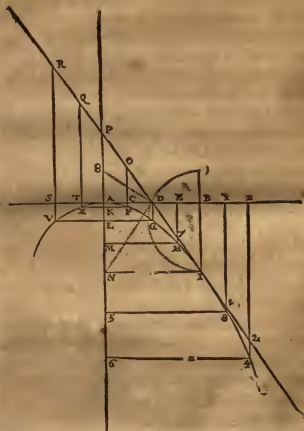
pace AM ou OF par l'accélééré. Et en quatre temps les quatre espaces IP par le mouvement égal, & l'espace AN ou AP par l'accélééré. C'est à dire que l'espace perpendiculaire 7 H égal à AK étant 1; DG égal à AL sera 4; OF égal à AM sera 9; AP égal à AN sera 16; &c. Et partant ce second mobile décrira par ces deux mouvemens la ligne courbe IHGA. Mais cette courbe est la même Parabolique que le premier des mobiles porté horizontalement, à décrire, (ainsi que je vay le faire voir.) Donc la ligne décrite par un mobile jetté suivant une direction oblique entre la perpendiculaire & l'horizontale, comme suivant la direction de la droite IP, est une ligne Parabolique.

Pour conoitre que la Courbe IHGFA est la parabole tracée par le mobile porté suivant l'horizontale AB; il ne faut que considérer que les lignes AC:CD:DE:EB: étant égales, la droite AP étant de 16 parties, CO sera de p. 8. Mais OF est de p. 9; donc le reste CF sera de p. 1. Ainsi BI égal à AP est aussi de p. 16, & partant E7 est de p. 8; Et 7 H étant de p. 1; la route EH est de p. 9. Donc CE, ou AK étant p. 1; DG ou AL est p. 4; EH ou AM p. 9; & BI ou AN est p. 16. Comme AC ou KF étant 1; AD ou LG est 2; AE ou MH est 3; & AB ou NI est 4. Où l'on voit que les portions de l'axe AN sont entr'elles comme les quarrés des

LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parab-
liques.

LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parab-
oliques,

ordonnées ; Et que la courbe parabolique $I H$ $G F A$, decrite par le second mobile suivant la direction oblique $I P$, est la même que la courbe parabolique $A F G H I$, decrite par le premier des mobiles suivant la direction horizontale $A B$. Ce qu'il falloit demontrer.



Le

Le sommet de l'une & de l'autre de ces paraboles étant en A, l'on pourra faire voir que la projection oblique suivant IP étant continuée, décrira la même parabole de l'autre part. Car prenant les espaces PQ : QR égaux à PO : OD & menant les droites QTX : RSV parallèles à l'axe AP; les portions AT, TS seront aussi égales aux portions AC, CD; & la droite AP étant de p. 16, QT sera de p. 24, & RS de p. 32.

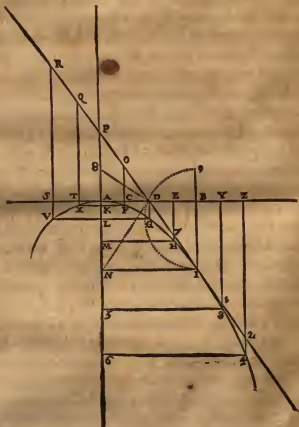
LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parab-
oliques.

Maintenant si l'on entend que le mobile partant du point I ait passé en quatre temps la droite IP par le mouvement égal, & soit descendu de toute la longueur perpendiculaire PA de p. 16 par le mouvement accéléré de sa pesanteur; il passera la droite IQ en cinq temps par le mouvement égal & descendra cependant de la hauteur perpendiculaire QX de p. 25 par l'accélération; & en six temps il parcourra IR également & la hauteur RV de p. 36 par sa pesanteur. Orant donc la longueur QT ou p. 24, de la toute QX de p. 25, & la longueur RS ou p. 32 de RV ou p. 36; il restera p. 1 pour TX & p. 4 pour SV; c'est à dire que TX sera égale à AK ou CF, SV à AL ou DG. Ce qui marque que la courbe qui passe par les points X & V décrite par le mobile jeté du point I suivant la direction oblique IPR, est la même que celle qui passe par F & G c'est à dire la même parabole continuée.

LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parabo-
liques.

Posons maintenant que le mobile partant du point I suivant la direction PI, est porté en bas vers I.2 ; je dis que la ligne courbe I.3.4 qu'il décrira par son passage, est aussi la même parabolique AFGI continuée.

Car prenant dans la ligne PI continuée en



LIV. II.
CHAP. VI.
Les lignes des
projections
obliques sont
aussi parab-
oliques.

bas les espaces $I.1, 1.2$ égaux à $I7, 7D$, & menant les droites $3.1.Y:4.2.Z$ parallèles à IB c'est à dire à l'axe AN , qui couperont l'horizontale AB prolongée, & feront les portions BY, YZ égales aux portions BE, ED . Il est constant que le mobile poussé avec la même force en bas, parcourra d'un mouvement égal les espaces $I.1, 1.2$ en même temps qu'il a parcouru en haut les espaces égaux $I7, 7D$; & que lors qu'il aura passé le premier espace $I.1$ par le mouvement égal, il sera descendu par le mouvement accéléré de sa gravité, de la hauteur perpendiculaire 1.3 égale à $7H$ où AK de p. 1, & qu'il descendra de la hauteur 2.4 égale à DG ou AL de p. 4 par le mouvement de la pesanteur, quand il aura passé en deux temps les deux espaces $I.1, 1.2$ par le mouvement égal. Maintenant dans le triangle $D2Z$, la droite IB étant de p. 16, $Y1$ sera de p. 24; & $Z2$ de p. 32; Et partant la route $Y3$ sera de p. 25, & $Z4$ de p. 36. C'est à dire que les points $I:3:4$ seront dans la parabole $AFGH I$ continuée, puisque la droite $Z4$ c'est à dire la portion du diamètre $A6$ de p. 36, est à la portion AK de p. 1, comme le carré de AZ ou de l'ordonnée 6.4 , est au carré de AC ou de l'ordonnée KF .

LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la
force imprimée au mo-
bile jeté.

CHAPITRE VII.

Maniere de mesurer les differents degres de la force imprimée au mobile jeté.

IL paroît par tout ce raisonnement que les paraboles ont d'autant plus d'étendue que la force ou la vitesse imprimée au mobile porté suivant une direction horizontale, est plus grande. Et comme cette vitesse peut être plus grande en une infinité de manieres différentes; Galilée n'a point trouvé de moien plus assuré pour les reduire sous des mesures conuës, qu'en supposant que le mobile a aquis cette force ou ce degré de vitesse en tombant d'une certaine hauteur. Car puis qu'un mobile en tombant acquiert à chaque moment de sa chute un nouveau degré de vitesse, il n'y a point de vitesse si grande, à laquelle le mobile ne puisse arriver, supposé qu'il n'y ait point d'empêchement du dehors; Ainsi la difference des degrez de vitesse peut-être commodement entenduë par la difference des hauteurs d'où l'on peut supposer que le mobile est tombé.

Pour bien entendre cecy, il faut dans la figure dont nous nous sommes servis, mener les droites ND & D8 en sorte que l'angle ND8 soit droit, afin que AD soit moïenne Geometrique

LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la for-
ce imprimée
au mobile
jeté.

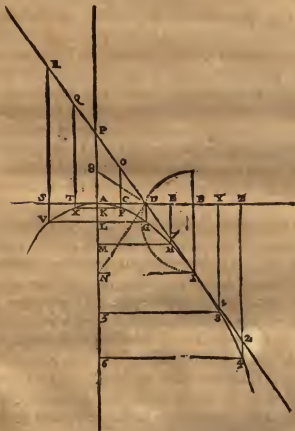
aquis par sa chute ; il décrira par son passage la parabole AFGHI.

Car comme les espaces parcourus par un mobile tombant sont entr'eux en raison doublée de celle des temps de leur chute ; Si nous prenons la droite 8A pour mesure du temps que le mobile à employé à passer l'espace 8A en descendant du point du repos 8 : Cette ligne sera à celle qui est la mesure du temps que le mobile emploiera à passer l'espace AN en descendant du point de repos A , en raison doublée de celle que la même ligne 8A a , à la droite AN : c'est à dire que le quarré de la droite 8A sera au quarré de cette droite , comme la même 8A est à AN. Mais comme 8A est à AN, ainsi le quarré de 8A est au quarré de AD. ; Donc la droite AD sera la mesure du temps du passage du mobile par l'espace AN.

Maintenant comme il a été démontré par Galilée , qu'un mobile porté d'un mouvement égal avec un degré de vitesse aquis en tombant de quelque hauteur , parcourt dans un temps égal à celui de sa chute , un espace double de celui qu'il a parcouru en tombant : c'est à dire que le mobile porté d'un mouvement égal suivant la direction AB , avec le degré de vitesse aquis par sa chute du point de repos 8 en A , parcourt dans le temps 8A un espace double de la droite 8A ; il s'ensuit que dans le temps AD il

parcourra avec la même vitesse un espace double de la droite AD ; c'est à dire l'espace AB où NI . Mais nous venons de faire voir que le même mobile partant du point de repos A , passoit en descendant l'espace AN dans le même temps AD . Donc dans le temps qu'il par-

LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la
force imprimée au mo-
bile jetté,



LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la for-
ce imprimée
au mobile
jeté,

courra horizontalement la droite AB d'un mouvement égal, il descendra de toute la hauteur AN du mouvement accéléré; Et par la composition de ces deux mouvemens il décrira la Parabole AFGHI; car on ne sçauroit mener d'autre parabole que celle-la qui passe par les point A & I.

Où l'on voit que les vitesses ou les forces acquises ou imprimées étant entr'elles en même raison que les temps, la vitesse ou la force acquise par la chute 8A, c'est à dire la force ou la vitesse du mouvement horizontal étant mesurée par la droite A8, la mesure de la force ou de la vitesse acquise au point N par la chute AN fera la droite AD.

Nous avons dit cy-devant qu'une force ou vitesse qui seroit à la force ou vitesse horizontale comme la touchante IP est à la touchante AB ou NI; c'est à dire comme DP est à DA; porteroit le mobile en montant ou en descendant suivant la direction IP par les points de la même parabole AFGHI. Pour déterminer Quelle est cette force, supposé que l'horizontale AB soit mesurée par la droite A8? il faut raisonner en cette maniere.

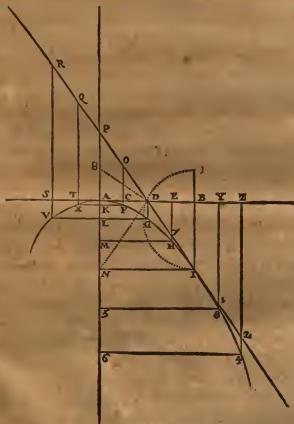
La droite AN étant égale à AP, les deux DP & DN sont aussi égales; & partant AD est à DN, comme la vitesse horizontale AB est à la vitesse suivant la touchante IP; Mais com-

me

me A D est à D N, ainsi A 8 est à 8 D; Donc A 8 est à 8 D, comme la force horizontale est à l'inclinée par I P. Maintenant posant la droite A 8 pour mesure de l'espace que le mobile a parcouru en tombant pour acquérir la force horizontale A 8, elle sera à l'espace qu'il faudra

Liv. II.
 Chap. VII.
 Maniere de
 mesurer les
 differens de-
 grez de la force
 imprimée
 au mobile
 jeté.

LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la for-
ce imprimée
au mobile
jeté,



Въ

LIV. II.
CHAP. VII.
Maniere de
mesurer les
différens de-
grés de la for-
ce imprimée
au mobile
jeté.

qu'il parcoure pour aquerir la force inclinée 8 D, en raison doublée de la ligne A8 à 8 D, c'est à dire comme A8 est à 8 N; Et partant l'étendue 8 N sera celle de la chute du mobile pour aquerir la force ou la vitesse 8 D. Donc la force horizontale AB ayant été aquisie par la chute 8 A, la force inclinée IP sera aquisie par la chute 8 N.

Galilée appelle dans cette parabole AFGHI, la droite AN *la hauteur*, NI *la moitié de son amplitude*, & 8 A *la sublimité*: Où l'on voit que la hauteur & la sublimité jointes ensemble font la mesure de l'espace qu'il faut que le mobile parcoure en tombant pour aquerir la force qu'il doit avoir pour decrire la même parabole suivant la tangente menée à l'extremité de son amplitude. L'on voit deplus que la moyenne Geometrique entre la hauteur & la sublimité d'une parabole est égale au quart de son amplitude.

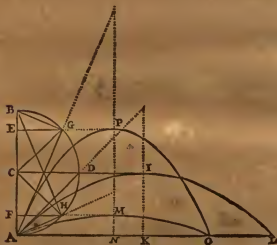
Ainsi continuant la droite IB jusqu'en 9, en sorte que B9 soit égale à A8 comme BD est égale à AD; la droite BD sera moyenne entre IB & B9; Et le demi cercle fait sur le diametre I9, passera par le point D; & dans ce demi-cercle, B9 sera la sublimité de la même parabole, decrite suivant la direction horizontale, BI sera la hauteur, & BD le quart de l'amplitude. Et le diametre entier I9 sera la sublimité de la même parabole decrite suivant la direction de la touchante IP.

CHAPITRE VIII.

Proportion des amplitudes des paraboles & des sinus du double des angles de leurs touchantes.

LIV. II
CHAP. VIII.
Proportion
des amplitu-
des des Para-
boles & des
Sinus du dou-
ble des angles
de leurs tou-
chantes,

Ceci posé: soit un demi cercle ADB, sur le diamètre perpendiculaire AB, dont le centre est C; lequel soit touché en A par la



ligne horizontale AL. Et soient menées dans le demi-cercle les droites AH: AD: AG du point A; & les droites HF, DC, EG perpendiculaires au diamètre AB. Ensuite soit decrite la parabole AMO dont la hauteur NM soit

Bb ij

LEV. II.
CHAP. VIII.
Proportion
des amplitu-
des des Para-
boles & des
Sinus du dou-
ble des angles
de leurs tou-
chantes.

égale à la droite AF & l'amplitude AO soit quadruple de la droite FH ; la parabole AIL , dont la hauteur KI soit égale à AC , & l'amplitude AL quadruple de la droite DC ; & enfin la parabole APO , dont la hauteur NP soit égale à AE , & l'amplitude AO quadruple de la droite EG . Puis soient menées dans le demi-cercle les lignes $HC : HB : & GC : GB$.

Il est manifeste parce que nous avons démontré ey-devant que la ligne BF est la sublimité & AF ou NM la hauteur de la parabole AMO ; c'est à dire qu'un mobile porté d'un mouvement égal du point M horizontalement avec une force acquise par la chute BF décrira la parabole AMO . Ainsi la sublimité de la parabole AIL est BC & sa hauteur à AC ou KI ; comme la sublimité de la parabole APO est BE & sa hauteur AE ou NP . D'où il s'ensuit que les mêmes paraboles seront décrites par des mobiles portés également avec une force acquise par la chute BA suivant les différentes inclinaisons des touchantes $AH : AD : AG$. C'est à dire que la parabole AMO sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante AH avec la vitesse qu'il aura acquise en tombant du point B en A . Et la parabole AIL sera décrite par le mobile porté également suivant la touchante AD avec la même vitesse BA . Et enfin la parabole APO par le mobile suivant la tou-

chante A G , avec la même force ou vitesse B A.

Et comme les amplitudes de chacune des paraboles sont quadruples des droites FH : CD : EG ;, il s'enfuit

LIV. II.
CHAP. VIII.
Proposition
des amplitu-
des des Para-
boles & des fi-
nus du dou-
ble des angles
de leurs tou-
chantes,

CHAPITRE IX.

Suites de cette Proportion.

1. **Q**UE de toutes les paraboles faites avec une même impression de vitesse, la plus grande est celle dont le mobile est porté suivant la direction d'un angle demy droit ou de 45 degrez ; Ce qui a été premierement remar-

CHAP. IX.
Suites de cette
proportion.



Bb iij

LIV. II.
CHAP. I X.
Suites de cette
proportion.

qué par Tartaglia, ainsi que nous l'avons dit cy-devant. Car si nous supposons que l'angle LAD , qui est l'inclination suivant laquelle la parabole AIL a été faite, est de 45 degrez; la ligne DC perpendiculaire au diamètre AB , sera égale au demi diamètre du même Cercle ADB ; Et par consequent elle sera plus grande qu'aucune autre perpendiculaire au même diamètre comme HF ou GE ; d'où il arrive que le quadruple de CD , c'est à dire l'amplitude AL de la Parabole AIL , sera plus grande que le quadruple d'aucune autre perpendiculaire comme FH ou GE , c'est à dire que l'amplitude d'aucune autre Parabole comme AMO ou APO .

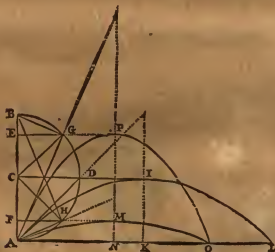
2. Que les Paraboles decrites suivant des inclinations également éloignées au dessus ou au dessous de l'angle de 45 degrez sont égales d'amplitude. Ce qui a été remarqué par plusieurs & particulièrement par Diego Ufano, comme nous l'avons fait voir cy-devant. Car supposant que les arcs DH & DG soient égaux, les droites HF & GE seront aussi égales, & leurs quadruples AO ; c'est à dire l'amplitude de la Parabole AMO & de la parabole APO faites sur les inclinations AH & AG .

3. Comme les perpendiculaires sur le diamètre du cercle vont toujours en augmentant depuis le point A jusqu'en D , & que de là elles vont toujours en diminuant jusqu'au point B ; il s'ensuit

que les Paraboles produites par les mobiles portés d'une même vitesse suivant les inclinations depuis l'horizontale AL jusqu'à celle de l'angle demi droit AD , vont toujours en augmentant d'amplitude ; comme au contraire celles qui se font suivant les inclinations depuis l'angle demi droit AC , jusqu'à la perpendiculaire AB vont toujours en diminuant.

LIV. II.
CHAP. IX.
Suites de cette
proportion.

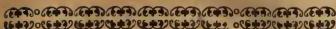
4. La droite HF est le sinus de l'angle au centre ACH, double de l'angle à la circonférence ABH qui est égal à celui de l'inclinaison LAH. Ainsi la droite CD est le sinus de l'angle droit double de celui de l'inclinaison LA D. Et la droite GE est le sinus de l'angle au centre ACG double de l'angle à la circonférence



LIV. II.
CHAP. IX.
Suites de cette
proportion.

ABG qui est égal à celui de l'inclination LAG. Et comme les amplitudes AO, AL, des Paraboles AMO, APO, AIL, sont entr'elles comme les lignes FH, CD EG dont elles sont quadruples ; il s'ensuit que les amplitudes des Paraboles faites par un mobile porté d'une égale impression de vitesse, suivant des angles differents d'inclination, sont entr'elles comme les sinus du double des mêmes angles. Ainsi l'amplitude AL de la Parabole AIL faite suivant l'angle demi droit LAD, est à l'amplitude AO de la parabole AMO faite avec la même impression de force suivant l'angle LAH ; comme la droite CD sinus de l'angle droit, double du demi droit LAB, est à la droite FH sinus de l'angle ACH, double de l'angle LAH. Et la même amplitude AL de la Parabole AIL est à l'amplitude AO de la parabole APO, comme la droite CD sinus du double de l'angle LAD, est à la droite EG sinus du double de l'angle LAG, & ainsi des autres.





LIVRE TROISIE'ME.

Liv. III.

Demonstration des pratiques de l'Art de jetter les Bombes. Et premierement pour les jets dont l'étendue est au niveau des Batteries , & par le moyen des sinus.



ETTE proposition est le fondement de la plupart des Pratiques que nous avons expliquées dans la deuxième partie de ce Livre , & que nous allons maintenant examiner l'une après l'autre.

CHAPITRE PREMIER.

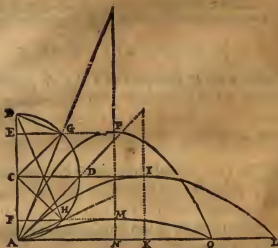
Pour trouver l'étendue d'un coup sur une élévation donnée.

CHAP. I.
Pour trouver
l'étendue d'un
coup sur une
élévation
donnée.

LA premiere de toutes est claire d'elle-même : Car supposant que l'on ait fait l'épreuve d'une piece ou d'un mortier sous un angle d'élévation conuë , & conoissant exactement sa portée ; pour conoître celle de la même piece ou du même mortier avec la même charge sous un autre élévation ; Il ne faut, suivant la pratique expliquée au premier Chapitre du premier Livre de la seconde Partie , que faire une regle

Cc

LIV. III.
CHAP. I
Pour trouver
l'étendue d'un
coup sur une
élévation
donnée.



de Trois dont le premier terme soit le sinus du double de l'angle de l'élevation sur laquelle on a fait l'épreuve, le second soit le sinus du double de l'angle de l'élevation proposée, & le troisième soit la portée connue par l'épreuve; Et par la règle, le quatrième proportionnel sera l'étendue de la portée que l'on demande. Comme si l'épreuve ayant été faite sous l'angle de l'inclination $L A H$ de 30 degrez vous avez 1000 toises ou 1000 autres mesures pour la portée de votre pièce, c'est à dire pour l'amplitude $A O$ de la parabole $A M O$; Pour sçavoir quelle sera la portée de la même pièce élevée à l'angle $L A D$ de 45 degrez, c'est à dire pour connoître l'amplitude $A L$ de la parabole $A I L$; Il ne faut que

L IV. III.
CHAP. I.
Pour trouver
l'étendue d'un
coup sur une
élévation
donnée.

prendre pour premier terme le sinus du double de l'angle LAH c'est à dire le sinus de l'angle ACH ou la droite FH qui est de 8660 parties, supposé que le sinus total soit CD de 10000 parties; pour second terme la droite CD de 10000 parties c'est à dire le sinus du double de l'angle LAD; Et l'amplitude AO de 1000 toises pour troisième; afin d'avoir pour quatrième terme proportionel l'amplitude AL de 1155 to. ou mesures; Et cela parce que l'amplitude AO est à l'amplitude AL comme le sinus HF est au sinus CD.

Si l'angle de l'inclination proposée est plus grand que le demi droit, il ne faut pas le doubler pour avoir le sinus, mais il faut prendre le sinus du double de son complement à l'angle droit. Comme si l'on a proposé l'élévation de la piece ou du mortier à l'angle LAG de 50 degrez: il faut prendre EG sinus de 80 degrez double de 40 deg. complement à l'angle droit du proposé de 50 degrez.



LIV. III.
CHAP. II.
Pour trouver
l'angle de l'é-
levation pour
une étendue
donnée,

CHAPITRE II.

Pour trouver l'angle de l'élevation pour une étendue donnée.

SI l'on propose une étendue qui ne soit pas plus grande que celle de la piece élevée à 45 deg. ; il faut, comme il a été dit au second Chapitre du premier livre de la seconde partie, prendre pour premier terme de la regle de Trois l'étendue de la portée conuë par l'épreuve, pour second terme l'étendue que l'on demande, & pour troisiëme le sinus du double de l'angle de l'inclination sur laquelle l'épreuve a été faite ; afin d'avoir pour quatriëme proportionel le sinus du double de l'angle qu'il faudra donner à la piece. Ainsi pour avoir la portée, c'est à dire l'amplitude AQ de 800 mesures ; il faut prendre pour premier terme l'amplitude AO de la parabole AMO de 1000 mesures faite suivant l'angle $OA H$ de 30 degrez, pour second terme l'amplitude AQ de 800 mesures que l'on demande ; la droite FH sinus du double de l'angle $OA H$ de 8660 parties pour troisiëme terme ; afin d'avoir pour quatriëme proportionel, la droite CD de 6928 parties sinus de l'angle ALC de 43. 52' double de ce que l'on demande QAC de 21. 56', ou de son

LIV. III.
CHAP. III.
Démonstra-
tion de la Ta-
ble des Sinus
servans au jet
des Bombes.

CHAPITRE III.

*Démonstration de la Table des Sinus servans
au jet des Bombes.*

LA Table qui suit, & qui est rapportée au troizième Chapitre du premier Livre de la seconde partie, n'est que pour soulager ceux qui auroient peine à rechercher en toutes rencontres les sinus du double des angles proposés pour l'élevation du mortier ou de la piece; puis qu'elle contient les mêmes sinus qui répondent aux angles proposés, sans qu'il soit besoin de rien doubler. Ce qui a été nettement expliqué dans le discours de la construction de la table, ou j'ay dit que les nombres qui y répondent à chaque degré étoient ceux qui se trouvent dans la table ordinaire des sinus au droit des angles doubles de ceux-ci; & que le nombre par exemple de 349 repondant au premier degré dans cette Table, étoit celui qui repondoit à 2 degrez dans celle des sinus; Et le nombre 698 repondant dans celle-ci à 2 deg., étoit le sinus de 4 degrez; Ainsi le nombre 6428 repondant à 20 degrez est le sinus de 40 degrez, & ainsi des autres.

Ce qui fait que proposant un angle & prenant le nombre qui lui repond dans cette ta-

ble, vous prenez tout d'un coup le sinus de son double. Ce qui se conoît par les exemples rapportés sur ce sujet, dans lesquels les nombres sont par tout les mêmes que ceux qui sont trouvés par la pratique des sinus. Ce qui n'a point besoin de plus longue explication.

Il en est de même de la table qui répond à celle que j'ay expliquée dans la premiere partie de ce Traitté sur la doctrine de Diego Ufano; car j'ay calculé cette table sur celle-ci, en sorte que tous les nombres de l'une sont proportionnels aux nombres de l'autre.

LIV. III.
CHAP. III.
Démonstration de la Table des sinus servans au jet des Bombes.

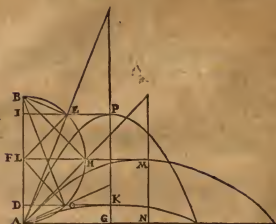
C H A P I T R E I V .

Démonstration de la Table des hauteurs des jets poussez d'une même force.

IL n'est pas plus malaisé de démontrer la Construction & l'usage de la Table que nous avons rapportée au sixième Chapitre du premier Livre de la seconde partie sous le nom de *Table des hauteurs des jets poussez d'une même force dont la plus grande portée est 10000*; & dont les nombres sont, ainsi que nous avons dit, chacun égal au quart des sinus versés du double des angles de l'inclination du mortier. Car si dans cette figure, nous considérons que la hauteur NM de la demiparabole AM, faite sous

CHAP. IV.
Démonstration de la Table des hauteurs des jets poussez d'une même force.

LIV. III.
CHAP. IV.
Démonstra-
tion de la Ta-
ble des hau-
teurs des jets
pouffés d'une
même force,



l'angle de l'inclination NAH & avec la force
acquise par la chute depuis le point B , est égale
à la droite AF , qui dans le demi-cercle fait sur
le diamètre AB est le sinus versé l'angle au cen-
tre ALH double de l'angle à la circonférence
 ABH égal à celui de l'inclination NAH : Que la
hauteur GK de la demi-parabole AK faite sous
l'inclination GAC avec la même force acquise
par la chute du point B , est égale à la droite
 AD qui dans le même demi-cercle est le sinus
versé de l'angle ALC double de celui de l'in-
clination GAC : Et qu'enfin la hauteur GP de
demi-parabole AP faite sous l'inclination $GA E$
avec la même force, est égale à la droite AI
sinus

sinus versé de l'angle au centre ALE double de celui de l'inclination GAE, & ainsi des autres. Nous pouvons dire que *les hauteurs des jets poussez de même force sont entr'elles comme les sinus versés du double des angles de leur inclination*; Et comme nous avons supposé que la plus grande portée estoit 10000, il s'ensuit que la plus grande hauteur AB moitié de la même portée n'est que de 5000; Et partant AL rayon ou sinus total de cette Table seulement de 2500, c'est à dire le quart de 10000 que l'on donne au même rayon dans la Table ordinaire des sinus. Ce qui fait que nous avons eu raison de dire que tous les nombres de la Table des hauteurs sont chacun le quart de ceux des sinus versés du double des angles de l'inclination du mortier.

L IV. III.
CHAP. IV.
Démonstration de la Table des hauteurs des jets poussez d'une même force.

CHAPITRE V.

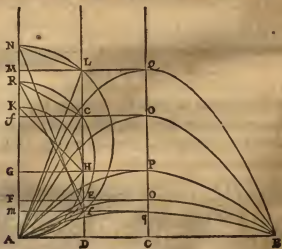
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

CHAP. V.
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimitez des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

POUR bien entendre la construction de l'autre Table que nous avons rapportée dans le même Chapitre sous le nom de *Table des hauteurs & des sublimitez des jets dont l'étendue en toutes sortes d'élevation est toujours la même*, posée de

LIV. III.
CHAP. V.
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

10000 parties ; & dont les nombres sont, ainsi que nous avons dit , pour les hauteurs chacun égal au quart des Tangentes des angles d'élevation marquées dans la Table ordinaire des sinus, & pour les sublimitez chacun égal au quart des Tangentes de complement des mêmes angles. Il faut premièrement dans cette figure , ou l'étendue horizontale donnée AB est partagée également en C , & AC aussi également en D , mener des points A , D , C , des droites comme AN , DL , CQ , perpendiculaires à AB. Puis ayant pris sur AN la droite AG égale à AD , faire du centre G & intervalle GA , le cercle KHA qui touchera la ligne DC au bout H du rayon



GH parallele à AC ; Et si l'on mene la droite AH, l'angle CAH sera de 45 deg., & la parabole du point A suivant la direction AH avec la force mesurée par AK aura la droite AB pour amplitude, AG ou CP pour sa hauteur & KG pour sa sublimité ; Car toutes ces choses ont été démontrées ci - devant. Par la même raison si menant du point A une autre droite AE faisant l'angle de l'inclination BAE, je tire la droite ER perpendiculaire à AE & coupant AN en R ; j'aurai AR diametre du cercle AER qui passera par le point E, d'où menant FEO parallele à AB, l'amplitude de la parabole decrite par le mobile poussé du point A suivant l'inclination BAE & avec la force imprimée par la chute du point R, sera la même AB quadruple de AD, sa hauteur sera AF ou CO, & sa sublimité RF. Ainsi faisant une autre inclination BAL & menant la droite LN perpendiculaire à AL, nous aurons AN diametre d'un cercle qui passera par le point L, d'où menant la ligne MLQ, nous pouvons dire que la parabole decrite par un mobile poussé suivant l'inclination BAL avec la force imprimée par la chute du point N, aura la même amplitude AB, la droite AM ou CQ pour sa hauteur, & NM pour sa sublimité ; & ainsi des autres.

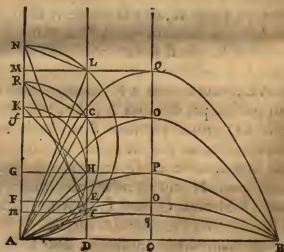
Il faut maintenant considerer dans le triangle rectangle AHK, que posant la droite GH

Dd ij

LET. III.
CHAP. V.
Demonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

LIV. III.
CHAP. V.
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue, & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

ou AD pour sinus total, la ligne AG hauteur de la parabole APB sera la Tangente de l'angle GHA qui est celui de l'inclination; Et la ligne KG sublimité de la même, sera la tangente de l'angle GHK complément de celui de l'inclination GHA, ou BAH. Ainsi dans le triangle rectangle AER, posant la droite EF égale à AD pour sinus total, la ligne AF ou CO hauteur de la parabole AOB sera la tangente de l'angle de l'inclination AEF ou BAE; Et la ligne RF sublimité de la même, sera la tangente de l'angle REF complément de celui de l'inclination AEF. Enfin dans le triangle rectangle ALN, posant la droite LM égale à AD pour



sinus total, la droite AM ou CQ hauteur de la parabole AQB est la tangente de l'angle ALM ou de son égal l'angle de l'inclination BAL; Et la droite NM sublimité de la même, est la tangente de l'angle MLN complement de MLA ou BAL. Et comme on peut faire le même raisonnement sur tous les Angles d'inclination possibles; il est aisé de faire voir que, la même droite AD pouvant toujours estre posée pour sinus total, toutes les hauteurs des paraboles de même amplitude seront les tangentes de tous les angles égaux à ceux de l'inclination; Et toutes les sublimités des mêmes paraboles seront les tangentes de complement des mêmes angles.

Desorte que si nous avions pris la droite AD égale au sinus total de la Table ordinaire des sinus, tangentes & secantes qui est de 10000 parties, nous aurions pû nous servir pour les nombres de nôtre Table des hauteurs & sublimités, de ceux des Tangentes des angles de la Table ordinaire des sinus pour les hauteurs, & de ceux des tangentes de complement des mêmes angles pour les sublimités de nos paraboles. Mais comme la droite AD ne peut estre que de 2500 parties, dans la supposition que nous avons faite que l'amplitude AB, dont AD est le quart, est de 10000 parties; Il paroît que toutes les tangentes des angles d'inclination, c'est à dire tou-

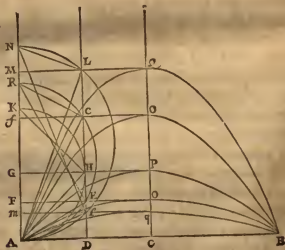
D d iij

LIV. III.
CHAP. V.
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

LIV. III.
 CHAP. V.
 Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.

tes les hauteurs des paraboles, & les tangentes de leurs complements, c'est à dire toutes les sublimités des mêmes, doivent estre ici chacune un quart de celles de la Table ordinaire des sinus; ainsi que nous l'avons pratiqué dans la Table des mêmes hauteurs & sublimités, ou celle de l'angle de 45 deg. égale au sinus total, n'est que de 2500 parties.

Au reste comme l'arc NL dans le cercle ALN est égal à l'arc Al , la droite NM est aussi égale à Am , & AM à Nm ; Où l'on voit que AM ou CQ hauteur de la parabole AQB , est égale à Nm ou Qq sublimité de la parabole AqB ; Et NM sublimité de la parabole AQB égale à Am



hauteur de la parabole AqB . Par la même raison nous ferons voir que AF ou CO hauteur de la parabole AOB est égale à Rf sublimité de la parabole AoB & Rf sublimité de la parabole AOB égale à Af hauteur de la parabole AoB . Mais les paraboles AQB , AqB ; aussi bien que les paraboles AOB , AoB , sont celles que l'on peut appeller *reciproques*, étant faites sous des directions également éloignées de celle de 45 deg., & dont la force de l'impulsion & l'amplitude sont égales : l'on peut donc conclure, ce que nous avons dit ci-devant, *Qu'aux paraboles de même étendue sous même force, les hauteurs & les sublimités sont reciproquement égales.*

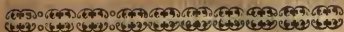
Enfin comme la hauteur CP ou AG de la parabole APB , jointe à sa sublimité KG fait la route AK mesure de la force qui l'a décrite : Que la hauteur CO ou AF de la parabole AOB & sa sublimité RF font ensemble la route AR mesure de la force qui l'a pû décrire : Que la hauteur CQ ou AM de la parabole AQB & sa sublimité NM font ensemble la route AN d'où le mobile tombant auroit par sa chute aquis assez de force pour porter le même mobile suivant la direction AL par la parabole AQB à la distance AB . Nous pouvons inferer qu'en toutes les paraboles, la hauteur & la sublimité font ensemble la mesure de la force qu'il faut pour les décrire. Et ceci est le fondement de la dernière Ta-

LIV. III.
CHAP. V.
Démonstration de la Table des hauteurs & sublimités des jets de même étendue & de celle de la force qu'il faut donner aux jets de même étendue en toutes sortes d'élévation.

LIV III.
CHAP. V.
Démonstra-
tion de la Ta-
ble des hau-
teurs & subli-
mitez des jets
de même
étendue & de
celle de la for-
ce qu'il faut
donner aux
jets de même
étendue en
toutes sortes
d'élevation.

ble que nous avons rapportée au septième Cha-
pitre du premier Livre de la seconde partie ,
sous le nom de *Table de la force qu'il faut donner
aux jets de même étendue en toutes sortes d'éleva-
tion* ; ce qui n'a point besoin de plus grande ex-
plication.



LIVRE QUATRIÈME. LIV. IV.

*Demonstration des pratiques pour les jets dont
l'étendue est au niveau des batteries & par
le moyen des instruments.*

CHAPITRE PREMIER.

Demonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

L'EQUERRE de douze points faite à l'imitation de celle de Tartaglia rapportée au premier Chapitre du second livre de la seconde partie à un peu plus de difficulté, quoy qu'elle soit sur un même principe. Pour la bien entendre il faut se souvenir de ce que nous avons expliqué dans la pratique, tant au sujet de la construction que de l'usage, dont je rapporterai seulement ici, que les points de l'Equerre y ont entr'eux la même proportion que les portées d'une piece élevée suivant les angles qu'ils font sur l'Equerre. C'est à dire que la portée d'une piece élevée au quatrième point est double de la portée de la même piece élevée au second, & quadruple de la portée au premier point, comme le nombre 4 est double du nombre 2,

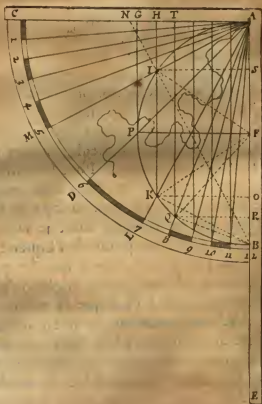
CHAP. I.
Démonstration
de l'E-
querre des
Canoniers
rectifiée.

E c

LIV. IV. quadruple de 1. Et ainsi des autres.

CHAP. I.
Démonstra-
tion de l'E-
querre des
Canoniers
rectifiée.

Voilà les termes dont je me suis servi dans la seconde partie de ce Livre. Et par la disposition de la figure on voit que le bras A E de l'Equerre étant mis dans la piece, si le plomb attaché par le filet en A tombe sur le point 6, on peut dire que la piece est élevée suivant l'angle 6 A C ; ainsi le plomb tombant sur le



point 5, la piece sera élevée suivant l'angle 5 A C ; Et suivant l'angle 8 A C si le plomb tombe sur le point 8. Et ainsi du reste.

Pour faire donc voir que la portée, c'est à dire que l'amplitude de la parabole faite au point 6, ou suivant l'angle 6 A C, est à l'amplitude de la parabole faite au point 5, ou suivant l'angle 5 A C, comme le nombre 6 est au nombre 5 ; Et ainsi des autres ; il suffit de demontrer que le sinus du double de l'angle 6 A C est au sinus du double de l'angle 5 A C, comme 6 à 5 ; car par ce moyen les mêmes amplitudes étant entr'elles comme les sinus du double des angles, elles seront aussi entr'elles comme les mêmes nombres des points.

Or pour demontrer que le sinus du double de l'angle 6 A C est au sinus du double de l'angle 5 A C comme 6 est à 5 ; il faut prendre garde qu'aprez avoir tiré les droites BP & BIN, l'angle 6 A C est égal à ABP, & l'angle 5 A C égal à l'angle ABI ; car dans le triangle rectangle BAN la droite AI tirée de l'angle droit A, perpendiculaire à la baze BN, fait les triangles ABI, IAN semblables, & les angles ABI, IAN égaux. Et partant si l'on mene la droite FI du centre du demi cercle, & IS parallele à FP, posant la même FP pour sinus total, c'est à dire sinus du double de l'angle demi-droit ABP, la droite IS ou son égale AH sera le sinus de l'an-

220: L'ART DE JETTER LES BOMBES.

L'IV. IV.
CHAP. I.
Démonstra-
tion de l'E-
querre des
Canoniers
rectifiée.

gle AFI double de l'angle ABI. Mais FP ou son égale AG est à AH comme 6 à 5: Et partant le sinus du double de l'angle ABP ou de son égal 6 AC, est au sinus du double de l'angle ABI ou de son égal 5 AC, comme 6 à 5. Nous pouvons faire le même raisonnement à l'égard des autres angles 4 AC, 3 AC, &c., & démontrer que le sinus du double de l'angle 4 AC est au



sinus du double de l'angle $3AC$, comme 4 à 3 . Et ainsi des autres.

LIV. IV.
CHAP. I.
Démonstration de l'Equerre des Canoniers redoublée.

Nous avons fait remarquer dans la pratique que les portées faites sur des inclinations au dessus du sixième point, n'étoient pas entr'elles comme les nombres de leurs points, mais bien comme ceux qui sont également éloignez au dessous du sixième: C'est à dire que la portée au huitième point, n'estoit pas à la portée du septième comme 8 est à 7 ; mais bien comme 4 à 5 , qui sont nombres posez au dessous du sixième point en même distance que 8 & 7 le sont au dessus. La raison en est manifeste par cette démonstration: car l'amplitude au huitième point c'est à dire suivant l'angle $8AC$, étant à l'amplitude au septième point ou suivant l'angle $7AC$, comme le sinus du double de l'angle $8AC$, est au sinus du double de l'angle $7AC$; il est aisé de faire voir que ces sinus ne sont pas entr'eux en raison de 8 à 7 , mais bien en celle des nombres 4 à 5 correspondans au dessous du sixième point. Car l'angle $8AC$ étant égal à l'angle ABQ , & l'angle $7AC$ égal à l'angle ABK ; si l'on mene les droites FK , FQ du centre F , & KO , QR paralleles à PF ; prenant toujours FP pour sinus total, la droite RQ ou son égale AT sera le sinus de l'angle AFQ double de l'angle ABQ ou de son égal $8AC$; Et la droite KO ou son égale AH , sera le si-

LIV. IV.
CHAP. I.
Démonstra-
tion de l'É-
querre des
Canoniers
rectifiée.

nus de l'angle AFK double de l'angle ABK ou de son égal 7 AC. Mais AT par la construction est à AH comme 4 à 5: Donc le sinus du double de l'angle au huitième point est au sinus du double de l'angle au septième comme 4 à 5.

Je ne parleray point des minutes, car c'est par tout le même raisonnement, puis qu'elles se



marquent sur le bord du Quart de cercle en divisant chacune des portions GH, HT &c. de la droite AG, en 12 parties égales, & tirant de chaque point de la division des droites parallèles au diamètre AB, qui couperont le demi-cercle chacune en deux points, par où l'on tire du centre A du quart du cercle, des droites qui traçent les minutes sur son bord en la même manière que les 12 points principaux y ont esté marquez.

LIV. IV.
CHAP. I.
Démonstration de l'Equerre des Canoniers rectifiée.

CHAPITRE II.

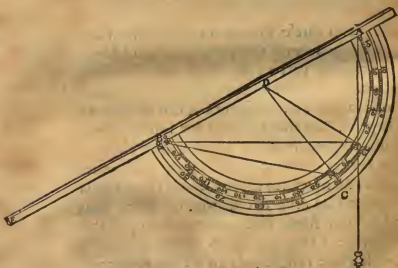
Démonstration du demi cercle de Torricelli.

LE demi cercle dont nous avons décrit l'usage au second Chapitre du second Livre de la seconde partie, est fondé sur le même principe. Pour le comprendre il faut se souvenir que la demi circonférence ACB contenant 180 degrez, & n'estant divisée sur son limbe extérieur qu'en 90 parties; il paroît que chacune de ses parties contient deux degrez, & que les nombres marquez sur chacun des arcs sont égaux à la moitié de ceux des degrez contenus dans le même arc. Ainsi l'arc marqué A30, c'est à dire l'angle AD30 est de 60 degrez; l'arc A40, c'est à dire l'angle AD40 est de 80 degrez: Et ainsi des autres.

CHAP. II.
Démonstration du demi-cercle de Torricelli.

LIV. IV.
CHAP. II.
Démonstration
du demi-
cercle de Tor-
ricelli.

Maintenant si l'on pose le bras AE dans la piece, le plomb pendant en A marquera son élévation, Qui sera par exemple de 30 degrez, si le plomb tombe sur le point 30 du limbe extérieur; comme elle sera de 40 deg., s'il tombe sur le nombre 40. Car cet angle de l'élévation de la piece lors que le plomb tombe sur le nombre 30, n'est autre chose que l'angle AB 30; comme l'angle AB 40 est celui de l'élévation lors que le plomb se trouve sur le nombre 40. Et comme l'angle à la circonference AB 30, n'est que la moitié de l'angle au centre AD 30, & l'angle AB 40 moitié de l'angle AD 40; il



paroît

paroît que l'angle AD 30 étant de 60 degrez, celui de l'inclination AB 30 ne sera que de 30 degrez; Ainsi l'angle au centre AD 40 étant de 80 deg., l'angle de l'élevation ne sera que de 40 degrez. Et ainsi du reste.

LIV. IV
CHAP. II.
Démonstration du demi-cercle de Torricelli.

Quant à l'usage il est tout a fait conforme à la Theorie que nous avons établie. Il ordonne de faire les portées proportionnelles aux sinus des degrez marqués sur le limbe interieur, dont les nombres étant partout doubles de ceux qui leur repondent sur l'exterieur: Il paroît que c'est toujours faire les amplitudes des Paraboles proportionnelles aux sinus du double des angles de leurs inclinations. Ainsi la portée de la piece étant élevée de 30 degrez, lors que le plomb tombe sur le nombre 30 du bord exterieur, sera à la portée de la piece élevée à 40 degrez, lors que le plomb tombera sur le nombre 40 du même bord, comme le sinus de 60 degrez double de l'angle de la premiere elevation, est au sinus de 80 deg. double de la seconde. Et ainsi des autres.



LIV. IV.
CHAP. III.
Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des sinus.

CHAPITRE III.

Démonstration d'un autre instrument sans le besoin des Sinus.

ENFIN pour avoir une connoissance parfaite de la dernière Equerre ou pour mieux dire du dernier demi-cercle de Torricelli dont nous avons cy-devant expliqué la construction & l'usage au troisième Chapitre du second livre de la première partie, sous le nom d'un *instrument sans le besoin de sinus*. Il faut se souvenir qu'après avoir divisé son demi-cercle seulement en 90 parties égales comme le précédent, de chacune lesquelles il mène des lignes parallèles au diamètre qu'il appelle des Guides; & après avoir partagé le demi-diamètre perpendiculaire en un très grand nombre de parties; il dit que les amplitudes des Paraboles tirées sous les angles répondans aux degrez marquez dans le limbe, sont entr'elles comme les nombres des parties du demi-diamètre perpendiculaire comprises entre le centre du cercle & les Guides qui viennent des degrez de l'élevation. C'est à dire que l'amplitude de la Parabole tirée sous l'angle de 20 degrez est à l'amplitude de celle qui est faite sous l'angle de 30 deg., comme $128 \frac{1}{2}$, qui est le nombre des

LIV. IV.
CHAP. III.
Démonstra-
tion d'un au-
tre instru-
ment sans le
besoin des si-
nus.

parties du demi-diametre FC divisé en 200, comprises entre IE guide des 20 degrez du limbe & le centre F, est à 172 nombre des mêmes parties comprises entre KG guide des 30 degrez du même limbe & le même centre F.

Maintenant si nous faisons voir que les parties contenuës dans l'étendue EF sont aux parties contenuës dans l'étendue GF, comme le sinus du double de l'angle de l'élevation de 20 deg. est au sinus du double de celui de 30 degrez; Nous pourrons dire que les amplitudes seront comme les sinus du double des angles de leur elevation.

Pour le demontrer il ne faut que considerer que le plomb tombant du point A sur I où il y a 20 deg. , la piece est élevée suivant l'angle ABI; Ainsi lors qu'il tombe sur le point K où il y a 30 degrez, elle est élevée selon l'angle ABK. Et que la droite IL tirée parallele à FC est le sinus de l'angle AFI double de l'angle ABI, supposé que le demi-diametre AF ou FC soit le sinus total; Ainsi la droite KH est le sinus de l'angle AFK double de l'angle ABK. Ces droites donc IL; KH ou leurs égales EF, GF, sont les sinus du double des angles des elevations ABI & ABK; Et partant les parties égales comprises dans la droite EF, sont aux parties égales contenuës dans GF, comme les mêmes sinus. Mais nous avons supposé que l'amplitude de la

LIV. IV.
CHAP. III,
Démonstra-
tion d'un au-
tre instru-
ment sans le
besoin des fi-
gures.

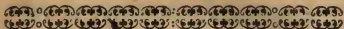


Ff iij

LI. V. IV.
CHAP. II I.
Démonstra-
tion d'un au-
tre instru-
ment sans le
besoin des si-
nus,

Parabole faite sur l'angle ABI de 20 degrez, estoit à l'amplitude de la Parabole faite sur l'angle ABK de 30 degrez, comme le nombre des parties égales de la droite EF , est à celui des parties de la ligne GF : Donc ces mêmes amplitudes sont entr'elles comme les sinus du double des angles de leurs inclinations.





LIVRE CINQUIEME.

Demonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue n'est pas au niveau des batteries.



E ne m'arrêteray point d'avantage sur ce sujet; Car ce principe étant une fois bien entendu, tout ce qui se dit dans les pratiques sur le sujet des portées horizontales en toutes sortes de cas, lui peut estre facilement rapporté: Mais pour celles qui se font sur des plans inclinez au dessus ou au dessous de l'horizon, il faut y faire d'autres raisonnemens, avant que d'entrer dans l'explication des pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce Livre.

LIV. V.
Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue n'est pas au niveau des batteries.

CHAPITRE I.

Pour la portée sur un plan incliné d'une piece pointée sous un angle donné.

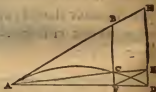
GALEILE'E n'a rien dit de particulier sur cette matiere; Mais Torricelli considérant que l'on a quelque fois besoin pour l'usage de l'Artillerie, de sçavoir à quelle distance un coup peut porter sur un plan incliné: ou à Quel

CHAP. I.
Pour la portée sur un plan incliné d'une piece pointée sous un angle donné.

LIV. V.
CHAP. I.
Pour la por-
tée sur un plan
incliné d'une
pièce pointée
sous un angle
donné,

point d'une hauteur perpendiculaire, un coup de Canon ou de Bombe peut arriver suivant une élévation déterminée : à raisonné de cette manière.

Soit, dit-il, AD l'amplitude horizontale d'une Parabole ACD decrite par un boulet ou par une Bombe tirée suivant l'angle de l'inclina-
tion DAB; Et soit le plan incliné sur l'horizon AE. Pour sçavoir à quel point le boulet rencontrera le plan incliné comme en C, & conoître la longueur AC & la hauteur perpendiculaire CF; il faut du point D élever la perpendiculaire DH, à laquelle la ligne FCB doit être parallèle, passant par le point C, où l'on propose que le plan incliné AE est rencontré par la ligne parabolique ACD; puis mener la droite EF, laquelle par ce qui a esté démontré par Archimede, sera parallèle à AH tangente de la Parabole au point A. Et partant AD sera à DF, comme HD à DE; Mais les trois lignes AD, HD, DE sont conuës; car AD est l'amplitude de la Parabole donnée ACD; HD & DE sont les tangentes des angles donnés DAH qui est celui de l'inclina-
tion du mortier ou de la pièce, & DAE qui est celui de l'inclina-
tion du plan AE; Et partant la droite DF sera aussi donnée, aussi-
bien



bien que la ligne AF. Et partant dans le triangle rectangle AFC le côté AF & l'angle aigu FA C étant connus, tout le reste est aussi connu : car AF est à FC comme le sinus total est à la tangente de l'angle F A C ; Et AF à AC comme le même sinus total est à la secante du même angle.

LIV. V.
CHAP. I.
Pour les portées sur un plan incliné, d'une pièce pointée sous un angle donné.

Où l'on voit la raison des pratiques que nous avons enseignées au second Chapitre du troisième livre de la seconde partie, lors que pour trouver la longueur inclinée AC ou la hauteur perpendiculaire FC à laquelle le boulet arriveroit poussé suivant l'inclination DAB, nous avons fait deux regles de Trois. Dans la premiere le premier terme étoit la tangente de l'angle de l'inclination de la piece DAH c'est à dire DH, le second étoit la tangente de l'angle de l'inclination du plan DAE c'est à dire DE, le troisième étoit l'amplitude AD de la Parabole donnée; Et pour quatrième nous avons eu la longueur DF, laquelle étant ôtée de la toute AD, nous a fait conôître le reste AF. L'autre regle de Trois avoit pour premier terme le sinus total, pour second la secante de l'angle de l'inclination du plan, & la longueur horizontale AF pour troisième; afin d'avoir pour quatrième la longueur du plan incliné AC que nous demandions.

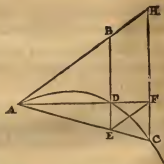
Si au lieu de la secante de l'angle de l'inclination du plan FAC, nous avions pris pour second terme de nôtre seconde regle de Trois,

Gg

Fig. V.
CHAP. I.
Pour la portée
sur un plan
incliné d'une
pièce pointée
sous un angle
donné,

la tangente du même angle, nous aurions eu pour quatrième terme la hauteur perpendiculaire FC , à laquelle la bombe ou le boulet seroit arrivé.

C'est presque le même raisonnement pour les coups qui portent sur des plans inclinez au dessous de l'horizon. Comme si AD est l'amplitude de la parabole faite sous l'inclination DAB & continuée en C où elle rencontre le plan AE incliné sous l'horizon AD ; il ne faut que mener par les points D & C des perpendiculaires à l'horizon BDE coupant AE en E , & HFC coupant AD continuée en F ; & joindre la droite EF , laquelle



sera parallèle à AH tangente de la Parabole ADC parce qu'a été démontré par Archimède; Et partant dans les triangles semblables ADB & EDF la droite BD tangente de l'angle donné DAB qui est celui de l'inclination de la pièce, est à DE tangente de l'angle aussi donné DAE de l'inclination du plan AE , comme AD qui est l'amplitude horizontale de la Parabole donnée ADC & par conséquent aussi donnée, est à DF , laquelle ajoutée à AD don-

ne la toute AF. Maintenant AF étant à AC comme le sinus total est à la secante de l'angle donné FAC : & AF à FC comme le même sinus total est à la tangente du même angle ; il paroît que la longueur AC du plan incliné à laquelle le boulet ou la bombe arrivera, est donnée, aussi bien que la profondeur perpendiculaire FC.

LIV. V.
CHAP. I.
Pour la portée
sur un plan
incliné d'une
pièce pointée
sous un angle
donné.

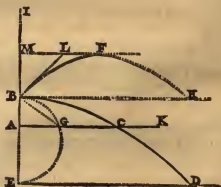
Ce raisonnement est le fondement de nôtre pratique dans laquelle : Pour trouver les mêmes longueurs, nous avons fait deux regles de Trois, la premiere pour trouver la droite AF ; en faisant que comme la tangente de l'angle de l'inclination de la piece ou du mortier est à la tangente de l'angle de l'inclination du plan, ainsi l'amplitude horizontale de la parabole est à une autre : car cette quatrième quantité étant ajoutée à la même amplitude, nous donne la longueur horizontale AF. Dans la seconde regle de Trois, nous avons fait que comme le sinus total est à la secante de l'angle de l'inclination du plan, (pour trouver la longueur du plan incliné ;) ou à la tangente du même Angle, (pour avoir sa profondeur perpendiculaire ;) Ainsi la longueur horizontale AF est à une autre : car au premier cas il vient la longueur AC, & au second cas la hauteur perpendiculaire FC, pour quatrième terme.

LIV. V.
CHAP. II.
Pour la portée
du but en
blanc d'une
pièce élevée
au dessus du
plan horizon-
tal.

CHAPITRE II.

*Pour la portée de but en blanc d'une pièce élevée
au dessus du plan horizontal.*

LA pratique nous avons enseignée au premier Chapitre du troisième Livre de la seconde partie, pour conoître la portée sur le niveau d'une pièce plus haute que l'horizon, & pointée comme on dit de but en blanc, laquelle n'est autre par cette methode que le double



de la moyenne Geometrique entre la moitié de la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire de la pièce, depend de cette proposition.

Soit la pièce en B au dessus de l'horizon AK

à la hauteur perpendiculaire AB, & pointée suivant la direction horizontale BH. Si nous concevons que la force de l'impulsion du boulet soit mesurée par une perpendiculaire comme BI, en sorte que cette force soit la même que celle que le boulet auroit acquise en B en tombant du point I; l'on sçait par ce qui a été démontré par Galilée que le boulet tombé du point I en B, changeant le mouvement perpendiculaire & accéléré de sa chute en mouvement horizontal & égal comme par la droite BH, fera au long de cette droite, avec le degré de vitesse acquise en B, un chemin comme BH double de BI dans un temps égal à celui qu'il a mis à parcourir BI en tombant du point de repos I. Ainsi si nous prenons BE au dessous de B égale à BI, nous verrons que dans le temps que le boulet sortant, de la piece en B descendra perpendiculairement par le mouvement de sa pesanteur au long de la droite BE, il parcourra par le mouvement de la force imprimée l'espace BH ou ED double de la même BE; Et que par le mouvement composé des deux impressions, il décrira la ligne Parabolique BCD, dont l'ordonnée ED sera double de l'axe EB. Et cette Parabole coupant l'horizontale AK au point C, le Quarré de l'ordonnée ED sera au quarré de l'ordonnée AC, comme EB, c'est à dire la moitié de ED, est à hauteur perpendicu-

LIV. V.
CHAP. II.
Pour la portée
de but en
blanc d'une
piece élevée
au dessus du
plan horizon-
tal.

en nombres , il faut multiplier la moitié de la plus grande portée par la hauteur perpendiculaire de l'ame de la piece au dessus du niveau de la campagne , & prendre le double de la racine quarrée.

LIV. V.
CHAP. II.
Pour la portée
de but en
blanc d'une
piece élevée
au dessus du
plan horizon-
tal.

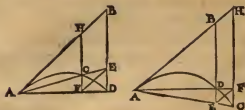
CHAPITRE III.

*Sentiment du R. P. de Challes pour les portées
sur des plans inclinez.*

VOILA tout ce que Torricelli nous enseigne sur cette matiere. Mais le R. P. de Challes Jesuite raisonnant dans sa Pyrotechnie sur la doctrine de ce Geometre que nous venons d'expliquer au sujet des portées qui se font sur des plans inclinez , dit avec raison qu'en fait d'Artillerie la proposition de Torricelli n'est pas d'un usage si necessaire ni si frequent que la converse. C'est à dire que l'on a bien plus souvent besoin de sçavoir Quelle élévation l'on doit donner à la piece ou au mortier pour tirer dans des lieux plus hauts ou plus bas que le niveau des batteries & dont les distances sont conuës ? que l'on n'a de sçavoir à Quelle hauteur ou à Quelle distance d'un plan élevé ou abaissé sous le même niveau , un boulet ou une bombe tirée suivant une inclination donnée peut frapper ? Ainsi dans les mêmes figures de Torricelli ,

CHAP. III.
Sentiment du
R. P. de Chal-
les pour les
portées sur des
plans incli-
nés.

LIV. V.
CHAP. III.
Sentiment du
R. P. de Chal-
les pour les
portées sur des
plans inclinés.



il est souvent à propos de sçavoir Quel doit être l'angle de l'élevation de la piece ou du mortier D A B pour faire passer la bombe ou le boulet par le point C élevé ou abaissé sous l'horizon A D dans une distance conuë. Ce qui au raport du R. P. de Challes est tres facile.

Car supposant que l'on conoisse les lignes A F : F C : & l'angle F A C. Il ne faut, dit-il, que prendre pour l'élevation de la piece ou du mortier tel angle que l'on jugera par l'estime être le plus approchant de celui que l'on demande; Et sur cette position rechercher par la regle de Torricelli, c'est à dire par les proportions des tangentes, quelle est la longueur de la ligne A D ? Qui se trouvant conforme à l'amplitude de la Parabole qui se fait sous l'angle de l'inclination que l'on a prise, & que l'on trouve dans les tables de Galilée ou de Torricelli; fait voir que c'est justement sous cet angle que la piece ou le mortier doit être élevé. Mais si cette longueur se trouve plus grande ou moindre que cette amplitude, il faut augmenter ou diminuer

cet

cet angle d'inclination tant de fois que la longueur AC par le calcul des tangentes devienne à la fin la même que l'amplitude de la Parabole faite sous l'angle supposé.

LIV. V.
CHAP. III.
Sentiment du
R. P. de Chal-
les pour les
portées sur
des plans in-
clinés.

CHAPITRE IV.

Probleme proposé pour les portées sur les plans inclinés.

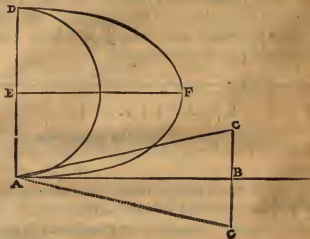
MAIS comme cette maniere de chercher en tatonant est peu Geometrique, j'ay travaillé moy-même sur ce probleme: Et quoy que j'en aye trouvé assez facilement la resolution par l'analyse; Parce neanmoins qu'il y a des manieres plus élégantes les unes que les autres, j'ay bien voulu le proposer dans nôtre Academie Royale des Sciences en ces termes.

CHAP. IV.
Problemes
proposés pour
les portées sur
les plans in-
clinés.

Le Triangle ABC, dont la base AB est parallele à l'horizon, étant donné, & la demi ellipse AFD donnée, dont le petit Axe AD perpendiculaire à AB est égal à la moitié du grand axe EF. Trouver la Parabole qui passe par les points donnez A & C, & dont le sommet soit dans la ligne elliptique AFD, C'est à dire qu'ayant à jeter une bombe du point A sur le point C élevé sur l'horizon AB ou abaissé au dessous; il faut trouver l'angle de l'inclination du mortier qui, la chassant, lui fasse decrire une parabole qui passe

Hh

Liv. V.
CHAP. IV.
Problème
proposé pour
les portées sur
les plans in-
clinés.



par le point C. Et comme l'on suppose que la charge du mortier est toujours la même, & qu'il a été démontré ailleurs que toutes les paraboles, partant d'un même point avec même force en toutes sortes d'élévation, ont leur sommet dans une ellipse dont le grand axe est quadruple du petit; l'on voit la raison que j'ay eue de proposer ce problème comme il est dans la simplicité de ses conditions.

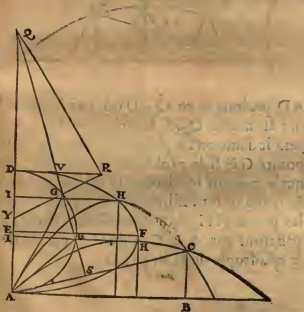


CHAPITRE V.

LIV. V.
CHAP. V.
Résolution du
problème par
Mr Buot.

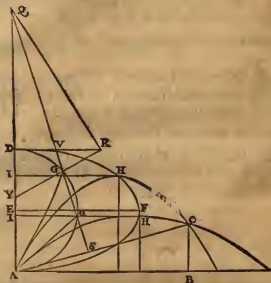
Resolution du probleme par Monsieur Buot.

MONSIEUR Buot à le premier apporté cette resolution. Ayant mené du point D la droite DR, parallele & égale à la moitié de AB & partagée en deux également en V; Et pris sur AD la portion DY égale à BC & mené YR; Il élève au point R la droite RQ perpendiculaire à YR qui rencontre la ligne



Hh ij

LIV. V.
CHAP. V.
Résolution du
problème par
Mr Buot.



AD prolongée en Q ; D'où par le point V, il tire la droite QGS laquelle touchera ou coupera le demi-cercle, fait sur le diametre AD, aux points GG si le probleme est possible, par lesquels menant les droites IGH paralleles à AB & rencontrant l'Ellipse en H ; Elles donneront les points HH pour Sommets des Paraboles qui passeront par A & C & dont le parametre sera le quadruple de la ligne I D.



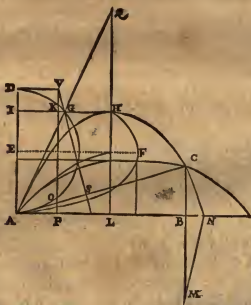
21 11-11

CHAPITRE VI.

Resolution du probleme par Monsieur Rômer.

LIV. V.
CHAP. VI.
Resolution
du probleme
par Mr Rô-
mer.

MON SIEUR Rômer voiant par cette figure que la droite DV est le quart de AB, & VS perpendiculaire à AC; en a de beaucoup abrégé la construction. Car il ne fait que mener du point D la droite DV parallele & égale au quart de la ligne AB, & du point V abaisser la droite VS perpendiculaire sur AC;



Hh iij

LI. V. V.
CHAP. VI.
Résolution du
problème par
M^r Rômer.

Car cette droite touchera ou coupera le demi-cercle dont le diamètre est AD en des points comme G , par lesquels en menant des parallèles à AB jusqu'à l'Ellipse, elles y marqueront en H le sommet des Paraboles.

Sa démonstration est fort aisée; supposant la Parabole decrite AHN dont le sommet est H & l'axe HL , auquel du point V il mene VP parallèle coupant IGH en K , AC en O & AB en P ; Et continuant la droite CB , il prend BM , égale au quadruple de ID & mene la ligne MN . Puis il dit, l'axe de l'ellipse EF étant double du demi-diamètre du cercle ED , la droite IH ou AL sera aussi double de IG ; & le carré de AL quadruple du carré de IG , c'est à dire du rectangle AID ; Et partant le carré de AL sera égal au rectangle sous AI ou HL & BM quadruple de ID . Maintenant les deux triangles rectangles $VSO : VKG$: ayant l'angle V commun, sont semblables; aussi bien que les deux triangles rectangles $VSO : APO$ qui ont les angles égaux au sommet O ; Et partant les deux VKG, APO ou ABC sont aussi semblables: Deplus comme la toute AN est quadruple de IG , ainsi que la retranchée AB quadruple de DV ou IK ; le reste BN sera aussi quadruple du reste KG . Et comme BM est aussi quadruple de ID ou KV : dans les deux triangles rectangles MBN, VKG , la droite BM sera à BN comme

VK à KG. Mais comme VK est à KG, ainsi AB est à BC; Donc AB est à BC comme BM est à BN. Et partant les deux rectangles ABN, CBM sont égaux. Mais nous avons fait voir que le carré AL c'est à dire le rectangle ALN estoit aussi égal au rectangle HL, BM: Donc en permutant le rectangle ALN sera au rectangle ABN, comme le rectangle HL, BM est à CBM, c'est à dire comme la droite HL est à CB; Et partant, comme il a été démontré par Archimede, la parabole AHN dont le sommet est dans l'Ellipse en H & le parametre quadruple de

LIV. V.
CHAP. VII.
Resolution du
probleme par
Mr Römer.



LIV. V.
CHAP. VI.
Résolution du
problème par
Mr Römer.

la ligne ID , passera par le point donné C .

L'on peut voir que AG est la touchante en A de la même Parabole AGN . Car étant continuée en Q , où elle rencontre l'axe LH prolongé, HG étant égale à IG dans les triangles semblables QHG , AGI ; AI ou HL sera aussi égale à HQ .

CHAPITRE VII.

Résolution du problème par Monsieur de la Hire.

CHAP. VII.
Résolution du
problème par
Mr de la Hire.

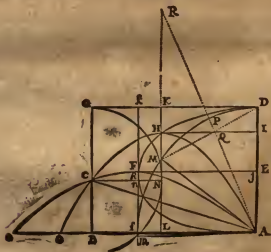
MONSIEUR de la Hire après avoir vû par les termes de la proposition que la droite donnée AD est égale à l'axe HL ou AI de la Parabole que l'on cherche & au quart de son parametre, a envoyé cette élégante & facile solution à l'Academie.

Ayant du point D , mené la droite DG parallèle à AB & rencontrant la droite BC prolongée en G , puis du point A & de l'intervalle AD décrit un arc de cercle DMm , & du point C & de l'intervalle CG un autre arc GMm , (qui se couperont en deux points comme Mm si le problème à deux solutions, ou se toucheront s'il n'en a qu'une, ou ne se rencontreront point s'il est impossible.) Il dit que les points de leur rencontre Mm , seront les foyers des Paraboles que l'on demande; Ensorte que menant

LIV. V.
 CHAP. VII.
 Résolution du
 problème par
 M. de la Hire.

commun ; le carré AL sera égal au carré KM , c'est à dire à quatre carrés HM , & à deux rectangles KML c'est à dire à quatre rectangles HML ; Mais quatre carrés HM & quatre rectangles HML sont égaux à quatre rectangles LHM ou LHK ; Donc le carré AL est égal à quatre rectangles LHK. Par la même raison nous démontrerons que le carré de l'ordonnée CN au même axe HL est égal à quatre rectangles NHK ; Et partant dans la Parabole dont le sommet est H , l'axe HL égal à AI , & les ordonnées AL & CN : Le parametre est quadruple de KH ou ID.

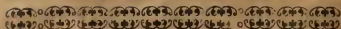
Je dis de plus que coupant l'arc DM en deux



également en P, la droite APR sera la tangente en A de la Parabole AHO. Car ayant mené la corde du meme arc DM elle sera coupée en deux également en Q tant par la droite HI, (à cause des triangles semblables DQI, HQM & de l'égalité des côtez DI ou KH & HM,) que par la droite AP: & partant AP passera par le point Q où elle coupera HI en deux parties égales: & dans les triangles semblables AQI; RQH, la droite AI ou HL sera égale à HR.

LIV. V
CHAP. VII.
Résolution du
probleme par
Mr de la Hire.





LIV. VI.

LIVRE SIXIÈME.

Demonstration des pratiques par les Sinus.

CHAPITRE PREMIER.

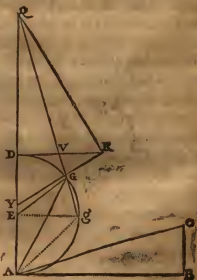
Demonstration de la premiere pratique par les sinus.

CHAP. I.
Démonstra-
tion de la pre-
miere prati-
que par les
sinus.

POUR venir maintenant à l'explication des pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce Livre au sujet des portées qui se font sur des plans inclinez au dessus ou au dessous du niveau des Batteries ; Nous dirons que la premiere de toutes, rapportée au quatrième Chapitre du troisième livre de la seconde partie, est celle qui se fait en divisant le quarré de la moitié de la distance horizontale par la hauteur perpendiculaire & ajoutant au quotient le quart de la plus grande portée, pour faire ensuite par une regle de Trois que comme ce quart est à cette somme , ainsi le sinus de l'inclination du plan est à une autre ; laquelle nous donnera le sinus d'un angle , auquel si nous ajoutons le même angle de l'inclination du plan ; la moitié de la somme des deux nous donnera l'angle de la position du mortier que nous demandions.

LIV. VI.
CHAP. I.
Démonstration
de la propo-
sition prati-
que par les
sinus.

A quoy si j'ajoute la longueur ED , qui est le quart de la plus grande portée, il me viendra la route EQ ; & faisant dans le triangle QEG que comme EG le quart de la plus grande portée est à la route EQ , ainsi le sinus de l'angle EQG égal à l'angle du plan est à un autre, j'auray le sinus de l'angle EGQ , qui avec l'angle du plan EQG est égal à l'angle AEQ ; Et celui-ci, étant au centre, est double de l'angle à la circonférence ADG ou de son égal BAG ; il paroît donc qu'il ne faut que prendre la moitié de la somme des deux angles DQG & EGQ pour avoir l'angle BAG qui est celui de la position du mortier que l'on recherche.



L'IV. VI.
CHAP. II.
Démonstra-
tion de la se-
conde prati-
que par les si-
nus.

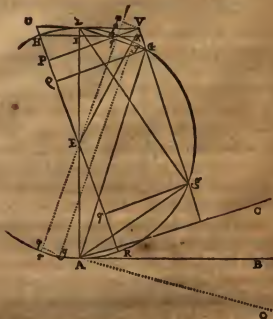
CHAPITRE II.

Démonstration de la seconde pratique par les sinus.

LA seconde est de M^r Rômer rapportée au cinquième Chapitre du troisième livre de la seconde partie. Elle ordonne que l'on fasse que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total soit à un autre ; Auquel il faut ajouter la tangente de l'angle du plan lors que l'inclination est sur l'horizon. Puis faire que comme le sinus total est au sinus du complément de l'angle du plan, ainsi cette somme soit à une autre, qui sera le sinus d'un autre angle ; auquel si l'on ajoute l'angle du plan, l'on aura le double de celui de la position du mortier que l'on demande. Si l'inclination est au dessous il faut ôter ce que l'on ajoute lors qu'elle est au dessus.

La démonstration s'en voit dans cette figure, dans laquelle A D diametre du cercle perpendiculaire à l'horizon est toujours la moitié de la plus grande portée, D V le quart de la distance horizontale, & V G coupe le cercle en G, de sorte que l'angle B A G est celui de la position du mortier. Il faut mener le diametre O R faisant avec D A l'angle O E D égal à celui du plan

LIV. I.
CHAP. II.
Démonstration de la se-
conde pratique pour les
finus.



BAC & continuer la droite VD en O, & mener VP, GQ perpendiculaires à OR. Cela posé ED est à DV comme AD moitié de la plus grande portée est au double de DV c'est à dire à la moitié de la distance horizontale: Si donc l'on fait que comme la moitié de la plus grande portée est à la moitié de la distance horizontale, ainsi le sinus total ED est à un autre; Nous aurons la droite DV en parties égales à celles des

LIV. VI.
CHAP. II.
Démonstration de la se-
conde prati-
que par les
sinus.

des sinus, & ajoutant la droite DO c'est à dire la tangente de l'angle du plan, l'on a en parties des sinus la toute OV . Maintenant les deux triangles rectangles OPV , ODE ayant un angle commun au point O sont semblables, & l'angle $OV P$ est égal à OED c'est à dire à l'angle du plan. Deplus si dans le triangle rectangle VPO nous prenons VP pour sinus total, VO sera la secante de l'angle $OV P$: mais comme la secante d'un angle est au sinus total, ainsi le sinus total est au sinus du complement du même angle; Si donc nous faisons que comme le sinus total est au sinus du complement de l'angle du plan; ainsi OV est à un autre, nous aurons la droite VP & son égale GQ sinus de l'angle GER ; auquel ajoutant l'angle du plan AER , il vient l'angle du centre AEG double de l'angle à la circonference ADG ou de son égal BAG qui est celui que l'on recherche.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit mener la droite oe & de l'autre part, & lui tirer les perpendiculaires Vp : & gq : Puis ayant trouvé la droite DV en ôter Do tangente de l'angle du plan DEo , & par le moïen du reste oV trouver la droite Vp ou gq sinus de l'angle rEg ; d'où ôtant le même angle du plan AEr , il reste l'angle AEG double de BAG : que l'on recherche pour la position du mortier.

LIV. VI.
CHAP III.
Démonstration de la troisième pratique par les sinus.

CHAPITRE III.

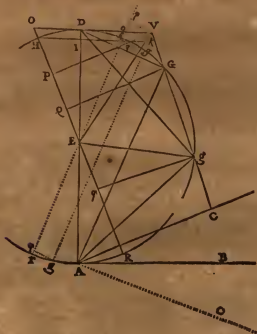
Démonstration de la troisième Pratique par les sinus.

LA troisième est aussi de M^r. Rômer rapportée au sixième Chapitre du troisième livre de la seconde partie. Par laquelle il faut multiplier le sinus du complément de l'angle du plan par la distance horizontale, & diviser le produit par la plus grande portée, pour avoir au quotient un certain nombre; Puis ajoutant à ce nombre le sinus du même angle du plan s'il est incliné sur l'horizon, ou l'ôtant s'il est au dessous, l'on aura le sinus d'un angle; après quoi il faut à cet angle ajouter ou ôter l'angle du plan, pour avoir le double de celui de la position du mortier que l'on demande.

En voici la démonstration dans la même figure; Après avoir mené la droite HIK parallèle à VO , si l'on pose ED sinus total, HI sera le sinus de l'angle du plan HEI , & EI le sinus de son complément. Et comme ED est un quart de la plus grande portée, ainsi que DV le quart de la distance horizontale; Il paroît que DE est à DV comme la plus grande portée est à la distance horizontale; Mais comme DE est à DV , ainsi EI est à IK , il s'ensuit que la plus grande portée, la distance horizontale, le sinus du com-

plement de l'angle du plan , & la droite IK en parties égales à celles des sinus , sont quatre quantitez continuellement proportionnelles ; Et pour avoir IK , il ne faut que multiplier la distance horizontale par le sinus du complement de l'angle du plan , & diviser le produit par la plus grande portée. Deplus si l'on ajoute à IK la droite IH , c'est à dire le sinus du même angle du plan (si l'inclination est sur l'horizon ,)

LEV. VI.
CHAP. III.
Démonstration de la troisième pratique par les sinus.



Kk ij

LIV. VI
CHAP. III.
Démonstra-
tion de la troi-
sième prati-
que par les si-
gnes.

l'on aura la toute HK; laquelle est égale à VP, car OV est à HK comme DE ou HE est à EI, Mais comme HE est à EI, ainsi OV est à VP, à cause que les triangles HEI ou OED & OVP sont semblables; Donc OV a même raison à HK & à VP; Et partant HK est égale à VP c'est à dire à GQ: gq: sinus de l'angle REG: REg: auquel angle si l'on ajoute l'angle du plan AER, l'on aura l'angle AEG, AEG double



de BAG, BA_g qui est celui de la position du mortier que l'on demande. C'est la même démonstration lors que l'inclination du plan est au dessous de l'horizon.

LIV. VI.
CHAP. III.
Démonstration de la troisième pratique par les sinus.

CHAPITRE IV.

Démonstration de la quatrième pratique par les sinus.

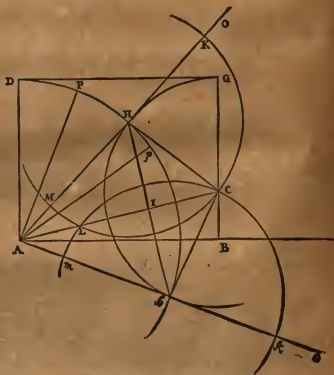
LA quatrième pratique rapportée au septième Chapitre du troisième Livre de la seconde partie veut, lors que le plan est incliné sur l'horizon, que l'on multiplie la différence entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire par la même hauteur, & que le produit soit divisé par la longueur du plan incliné; Puis ôtant le Quotient de la même longueur, il faut ajouter la moitié du reste au même quotient, & faire que comme cette somme est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; Qui sera la secante d'un angle, auquel ajoutant ou ôtant l'angle du plan, il vient un autre angle; lequel ajouté ou ôté de l'angle droit, produit le double du complement de celui de la position du mortier que l'on demande.

CHAP. IV.
Démonstration de la quatrième pratique par les sinus.

Elle est fondée sur la proposition de Monsieur de la Hire. Soit dans sa figure prolongée

LIV. VI.
CHAP. III.
Démonstra-
tion de la qua-
trième prati-
que par les
lignes.

la droite AH jusqu'en O , en sorte que HO soit égale à AH ; Puis du point H comme centre & de l'intervalle HC , soit fait le cercle $KCLM$ qui coupera AC en L & AO en M & K ; Puis du point H soit menée HI perpendiculaire à AC . Cela posé : comme AO est double de AD ou BG , & MK double de HC ou CG ; les droites AM , KO sont chacune égale à BC . De plus AD étant le plus grand jet perpendiculaire, AO



double de AD sera égale à la plus grande portée, & AK la difference entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire BC. Mais comme les deux rectangles KAM CAL sont égaux, CA est à AK comme AM ou son égale BC est à AL; Et partant multipliant KA difference entre la plus grande portée & la hauteur perpendiculaire, par la même hauteur perpendiculaire AM ou BC, & divisant le produit par AC longueur du plan incliné; Nous aurons la droite AL, laquelle étant ôtée de la même longueur AC, donne le reste LC; dont la moitié LI ajoutée à la même AL, nous fait conoître la droite AI. Maintenant si dans le triangle IAH nous prenons AI pour sinus total, AH sera la secante de l'angle IAH; Et partant si nous faisons que comme AI est à AH ou AD moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total est à un autre; Nous aurons cette secante, & par son moïen l'angle IAH, auquel ajoutant ou ôtant l'angle du plan BAC, il vient l'angle BAH, qui soustrait ou ajouté au droit BAD, laisseHAD, dont la moitié DAP est le complément de l'angle BAP de la position du mortier que l'on demande.

LIV. VI.
CHAP. IV
Démonstration de la quatrième pratique par les sinus.

Si le plan étoit incliné sous l'horizon, il faudroit, comme nous avons dit, multiplier la somme de la plus grande portée & de la hauteur perpendiculaire par la même hauteur, & diviser

LIV. VI.
CHAP. IV.
Démonstration de la quatrième pratique par les langues.



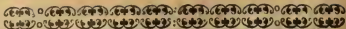
le produit par la longueur du plan incliné ; Puis ajoutant le quotient à la même longueur, prendre la moitié de leur somme & en ôter le même quotient ; Et faire que comme le reste est à la moitié de la plus grande portée, ainsi le sinus total soit à un autre, qui sera la secante d'un angle ; Duquel ôtant ou ajoutant l'angle du plan, il vient un autre angle, qui ôté ou ajouté à l'angle droit produit le double du complement de celui que l'on recherche.

La demonstration est presque la même que la precedente ; Car dans cette figure où l'angle de l'inclination BAC est sous le niveau des batteries, & où CG demi-diametre de l'arc GHb est égal à la somme des deux AD moitié de la plus grande portée & BC hauteur perpendiculaire : ayant prolongé la droite AH de part & d'autre, & pris HO égale à HA , il faut du centre H & de l'intervalle HC decrire l'arc $KCML$ qui coupera CA prolongée en L , & AH aussi prolongée en M & K . D'où il paroît que AK est la somme de la plus grande portée AO & de la hauteur perpendiculaire OK ou BC ; Et qu'à cause de l'égalité des rectangles KAM , CAL : si multipliant AK somme de la plus grande portée & de la hauteur perpendiculaire par la même hauteur AM ou BC , l'on divise le produit par la longueur du plan incliné AC , l'on aura la longueur AL ; laquelle ajoutée à la

LIV. VI.
CHAP. IV.
Demonstration de la quatrième pratique par les sinus.

même AC donne CL, dont la moitié est LI; LIV. VI.
CHAP. IV.
Démonstra-
tion de la qua-
trième prati-
que par les
sinus.
D'où ôtant la même AL, il reste AI qui, dans
le triangle AIH, étant prise pour le sinus total,
AH ou AD moitié de la plus grande portée
sera la secante de l'angle IAH; duquel ôtant
ou ajoutant l'angle du plan BAC, le reste où
la somme est BAH, qu'il faut ôter ou ajouter
à l'angle droit BAD pour avoir l'angle DAH,
dont la moitié DAP est le complément de l'an-
gle BAP de la position du mortier que l'on de-
mande.





LIVRE SEPTIÈME.

LIV VII.
Démonstra-
tion des prati-
ques par les
instruments.

Démonstration des pratiques par les instruments.

CHAPITRE PREMIER.

Démonstration de la première pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifié.

CHAP. I.
Démonstra-
tion de la pre-
mière prati-
que par le de-
mi-cercle de
Torricelli re-
ctifié.

LA cinquième pratique, rapportée au huitième Chapitre du troisième livre de la seconde partie est l'usage du demi-cercle de Torricelli, auquel M^r Rômer à seulement ajouté au point inférieur du diamètre D, une règle DB égale, semblablement divisée, & parallèle au demi-diamètre EF, avec un filet qui coulant au long de la même DB, puisse s'étendre par tout le demi-cercle. L'usage est tel; il faut du point A conter sur le limbe le nombre de degrez contenus dans l'angle donné de l'inclination du plan, comme l'arc AM, & appliquant le filet du point D en M, voir qu'il coupe le demi-diamètre EF comme en H, & conter le nombre des parties contenues depuis le centre E jusqu'en H. Ensuite il faut prendre sur DB la longueur DV, enforte que comme la plus grande portée est à la distance horizontale proposée, ainsi EF

LIV. VII.
CHAP. I.
Démonstra-
tion de la pre-
mière prati-
que par le de-
mi-cercle de
Torricelli re-
ctifié,

ou DB soit à DV, & ayant pris sur EF la longueur EI égale à DV, y ajouter la longueur IL égale à EH pour avoir la toute EL, (si l'inclination du plan est sur l'horizon,) ou en ôter la même longueur IN pour avoir le reste EN (si elle est sous l'horizon.) Enfin du point V il faut faire passer le filet par les points L ou N & l'étendre sur le limbe du demi-cercle, qu'il coupera en des points comme en G, Q, (lors que l'inclination est au dessus,) ou en O, P, (lors qu'elle est au dessous;) qui sont ceux où il faut que le plomb pendant en A tombe, quand le bras DC est dans l'ame du mortier pour le faire porter au lieu ordonné.

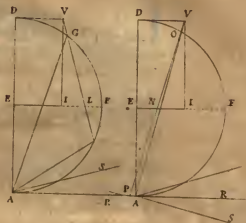
Pour l'intelligence de cette pratique, il ne faut que comparer la figure de la proposition de M^r Rômer que nous avons expliquée cy-devant avec ce demi-cercle de Torricelli; Dans lequel comme il n'y a que 90 degrez marquez dans toute la circonference AFD qui en contient 180, il paroît que chacun en vaut deux, c'est à dire que l'angle AEM à deux fois plus de degrez qu'il n'y en a de marquez dans l'arc AM: Mais l'angle ADM est la moitié de AEM; Et partant les degrez marquez dans l'arc AM sont ceux de l'angle ADM, Qui par ce moïen est égal à celui de l'inclination du plan proposé. Et comme dans les deux triangles semblables DEH, VIL ou VIN, les deux côtez DE, EH sont

LEV. VII.
CHAP. I.
Démonstra-
tion de la pre-
mière prati-
que par le de-
mi-cercle de
Torricelli re-
quisé.

égaux au deux VI, IL ou VI, IN; il s'ensuit que les angles EDH, IVL ou IVN sont égaux.

Maintenant comme DV est quatrième proportionnelle à ces trois quantités sçavoir, La plus grande portée, la distance horizontale, & le demi-diametre EF, si nous supposons, que FE soit égale au quart de la plus grande portée, DV sera le quart de la distance horizontale : Mais du point V l'on a mené la droite VL ou VN faisant avec VI parallèle au diametre AD, l'angle IVL ou IVN égal à celui de l'inclina- tion du plan ; Donc par la proposition de M^r Rômer, cette ligne coupera le demi-cercle en des points comme G, Q ou O, P, par lesquels si on mene les droites AG, AQ ou AO, AP & la droite AR parallèle à EF, les angles RAG, RAQ, ou RAO : RAP sont ceux de la position du mortier que l'on recherche. Mais dans le demi-cercle de Torricelli les angles RAG, RAQ, ou RAO, RAP sont égaux respectivement aux angles ADG, ADQ, ou ADO, ADP qui sont ceux de l'inclina- tion du mortier, lors que le plomb tombe du point A sur les points G, Q, ou O, P ; Et partant le mortier disposé de cette maniere chassera la bombe au lieu ordonné.

LIV VII.
CHAP. I.
Demonstra-
tion de la pre-
miere prati-
que par le de-
mi-cercle de
Torricelli re-
visité.



LIV. VII.
CHAP. II.
Démonstra-
tion des pra-
tiques par un
instrument
pour toutes
sortes de jets.

CHAPITRE II.

*Démonstration des pratiques par un instrument pour
toutes sortes de jets.*

LA sixième pratique rapportée au premier Chapitre du Quatrième Livre de la seconde partie est d'un autre instrument dont nous avons décrit la construction & l'usage tant pour les portées qui se font sur le niveau des batteries ; que pour celles qui se doivent faire au dessus ou au dessous du même niveau. Elle est fondée sur la proposition de M^r de la Hire que nous avons expliquée cy - devant.

CHAPITRE III.

Pour les jets qui sont au niveau des batteries.

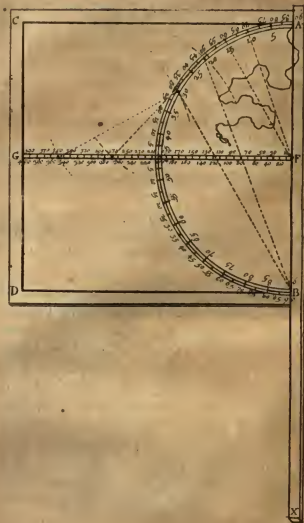
CHAP. III.
Pour les jets
qui sont au
niveau des
batteries.

POUR la bien entendre nous parlerons premierement des coups étendus sur le niveau des batteries rapportés au second Chapitre du même livre : Comme si conoissant la portée d'une piece ou d'un mortier , par exemple , de 400 toises sur l'élevation de 21 degrez ; l'on veut sçavoir Quelle sera la portée sous l'élévation d'un autre angle , comme sous celle de 30 deg. ? il faut ouvrir le compas commun de la grandeur du

demi-diametre FA du demi-cercle, & posant un de ses pieds sur le point 21 degrez marquez sur le limbe interieur, voir où de l'autre il coupera la droite FG, qui sera, par exemple, où elle a 266 parties; Puis posant le même pied sur le point de 30 degrez marquez au même limbe & tenant le compas ainsi ouvert, voir où de l'autre pied il rencontrera la même FG, (Qui sur cette hypothese sera où elle a 346 parties) Ensuite faisant que comme 266 est à 346, ainsi la longueur de 400 to. est à une autre, l'on aura 520 to. pour la portée que l'on cherche sous l'elevation de 30 degrez.

Ce qui est facile à concevoir si l'on se souvient que par la proposition de M^r de la Hire, le demi-cercle & l'arc fait du centre 346, ayant un même rayon, le point de leur intersection, qui est 30 degrez, est le foyer d'une Parabole qui passera du point F à celui de 346, & aura pour Touchante la droite F 15, ou l'arc A 30 est divisé en deux également; Ainsi par la même raison le point 21 degrez de l'intersection du même demi cercle & de l'arc fait du centre 266, est le foyer d'une autre Parabole dont l'amplitude est la droite F 266, & la touchante F 10 $\frac{1}{2}$ deg., où l'arc A 21 deg. est divisé en deux également. C'est à dire que supposant que le mortier posé suivant la direction de la touchante F 10 $\frac{1}{2}$ degrez qui est suivant l'angle

LIV. VII.
CHAP. III.
Pour les jets
qui sont au
niveau des
batteries.

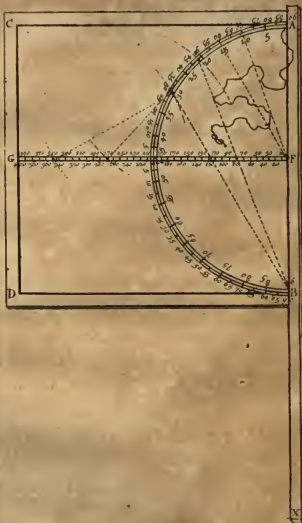


AB 21 degrez , a chassé à la distance de 266 ; il chassera à celle de 346 , quand on le disposera suivant la direction de la touchante F 15 , c'est à dire suivant l'angle AB 30 : Mais comme 266 est à 346 , ainsi 400 est à 520 to. ; Donc s'il a chassé à 400 to. sous l'angle AB 21 , c'est à dire de 21 degrez , il portera à 520 toises sous AB 30 , c'est à dire de 30 degrez ; où lors que le bras BX étant dans l'ame du mortier , le plomb tombe du point A sur celui de 30 degrez du bord interieur.

Mais si posant la portée de 400 toises sous l'angle de 21 degrez , l'on vouloit sçavoir à quel angle il faudroit poser le mortier pour chasser à 520 toises ? Après avoir posé la pointe du compas ouvert du rayon du demi-cercle sur 21 degrez du limbe interieur , & vû que de l'autre pointe il coupe la droite FG au point 266 ; il faut faire que comme 400 est à 266 , ainsi 520 à une autre , qui sera 346 , qu'il faut prendre sur la même FG , & y mettre la pointe du compas toujours ouvert de la grandeur du rayon FA , pour voir où il coupera de l'autre pointe le demi-cercle , qui sera au point 30 du limbe interieur ; Ce qui marque que le mortier doit être posé suivant l'angle de 30 deg. pour le faire chasser à 520 toises. Car les deux points du bord interieur 21 : 30 : sont les foyers de deux Paraboles dont les amplitudes sont les longueurs

LIV. VII.
CHAP. III.
Pour les jets
qui sont au ni-
veau des bat-
teries.

LIV. VII.
 CHAP. III.
 Pour les jets
 qui sont au
 niveau des
 batteries.



F 266 : F 346 : & les tangentes F 10 $\frac{1}{2}$, F 151 ; LIV. VII.
CHAP. III.
Pour les jets
qui sont au
niveau des
batteries.
D'où il s'ensuit que le mortier posé suivant la direction de la ligne F 10 $\frac{1}{2}$ c'est à dire élevé selon l'angle AB 21 où de 21 degrez , ayant chassé à la longueur de 266 parties ; il chassera à celle de 346 s'il est posé suivant la direction de la droite F 15, c'est à dire élevé selon l'angle AB 30 ou de 30 degrez ; Mais comme 266 est à 346 ainsi 400 to. est à 520 to. ; si donc il a chassé à 400 to. à 21 deg. ; il faut l'élever à 30 degrez pour le faire chasser à 520 toises , ainsi qu'il est ordonné. Ce qui arrive si le bras BX étant parallele à l'ame du mortier , le plomb tombe du point A sur les points marquez 21 & 30 du bord interieur du demi - cercle.

CHAPITRE IV.

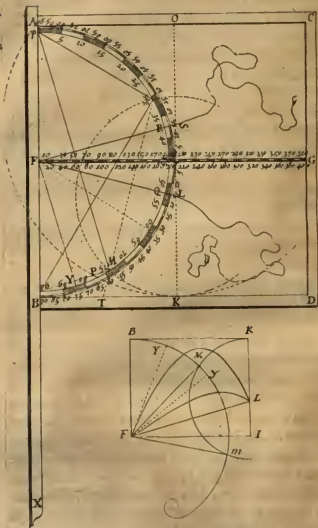
Pour les jets qui ne sont pas au niveau des batteries.

POUR s'en servir à la determination des portées sur les plans inclinez raportées au troisième Chapitre du quatrième Livre de la seconde partie ; il faut, ainsi que nous avons dit, lors que conoissant la plus grande portée comme de 600 toises, l'angle du plan de 15 degrez, & la distance horizontale de 310 to. , l'on veut conoître à Quel angle il faut élever la piece ou le mortier pour le faire porter au lieu ordon- CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries.

ne? faire ainsi que nous' avons fait au quatrième chapitre du même livre , que comme 600 to. est à 310 , ainsi 400 qui est le plus grand nombre des parties contenues dans la droite FG est à un autre , qui sera 206 repondant au point I ; Puis faisant passer le filet du centre F par le point Q ou les 15 degrez sont marquez sur le bord extérieur du demi-cercle à conter du point H vers B , (si l'inclination est sur l'horizon ,) marquer où il coupe la guide OIK passant par le point I , qui est au point L ; lequel doit servir de centre à l'arc K M *m* dont le rayon est LK égal à la difference du demi-diametre FB ou IK & de la hauteur perpendiculaire IL : car les points M *m* où cet arc coupera le demi-cercle , seront les foyers des Paraboles qui dans la figure de M' de la Hire passeront du point F en L , & dont les touchantes sont FY : Fy : ainsi qu'il a été démontré cy-devant. Où l'on voit qu'un mortier élevé suivant la direction de l'angle IFY , IFy , c'est à dire dans le demi-cercle OAM , OAm ou de leurs égaux ABM , AB*m* portera sur un lieu élevé de 15 degrez sur l'horizon à la distance horizontale FI de 206 parties , lors que la plus grande portée FG est de 400 parties ; Et partant à celle de 310 to. , si la plus grande portée est de 600 to. Mais le mortier est élevé suivant la direction de ces angles , lors que le bras BX étant parallele à l'ame , le plomb tombe du

LIV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries.

LIV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries.



point A sur les points M ou *m* ; L'on a donc la position recherchée pour le faire chasser au lieu que l'on demande.

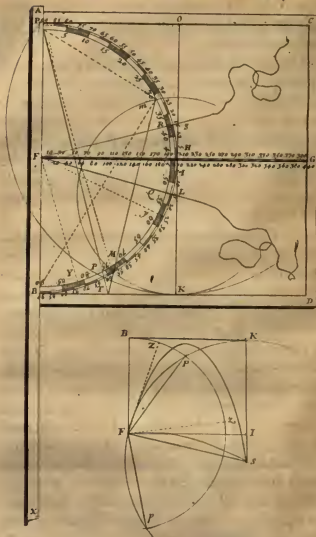
LEV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries.

Si l'inclination est sous l'horizon, comme en la pratique rapportée au cinquième Chapitre du quatrième livre de la seconde partie ; le filet du point F doit passer par R où les 15 deg. du plan sont marquez du point H vers A ; & le point S, où il coupe la Guide OK passant par le point I, doit être le centre de l'arc KP *p*, dont le rayon est SK égal à la somme du demi-diametre FB ou IK & de la hauteur perpendiculaire IS : & les deux points P : *p*, où cet arc coupe le demi-cercle, sont les foyers des Paraboles qui du point F, dans la figure de M^r de la Hire, passeront par le point S abaissé de 15 degrez sous l'horizon des batteries, ainsi qu'il a été démontré cy-devant ; & leurs touchantes seront FZ : Fz. Desorte qu'un mortier posé suivant la direction des angles IFZ, IFz ou de leurs égaux dans le demi-cercle OAP, OAp : c'est à dire ABP, AB*p* ; chassera la bombe au lieu S abaissé de 15 degrez sous l'horizon IF à la distance horizontale de 206 parties, si la plus grande portée n'est que de 400 parties ; Et partant à celle de 310 to. si elle est de 600 toises ; Et comme le mortier est disposé suivant la direction de ces angles, lors que le bras BX étant parallèle à l'axe de l'ame, le plomb pendant en A

Nn ij

284 L'ART DE JETTER LES BOMBES.

LIV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries,

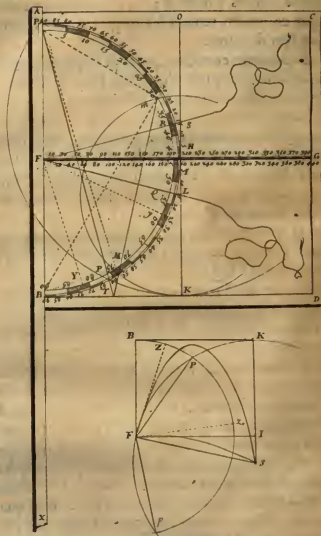


tombe sur les points $P:p$; Il s'ensuit que l'on a par ce moïen trouvé les angles de la situation que l'on demande.

LIV. VII.
CHAP. LV.
Pour les jets
qui ne sont pas
au niveau des
batteries.

Enfin pour conoître, par la pratique enseignée au sixième Chapitre du même livre, la distance horizontale, la longueur du plan incliné & la hauteur perpendiculaire, lors que la plus grande portée comme de 600 toises, l'angle du plan comme de 15 degrez sur le niveau de la batterie, & celui de l'élevation du mortier comme de 72 degrez, sont donnez; Il faut, ainsi que nous avons dit, du point Q où se terminent les 15 degrez de l'angle du plan sur le bord extérieur depuis le point H vers B, prendre avec le compas l'arc QM, où sur le bord intérieur les 72 degrez de l'élevation du mortier sont marquez, & le rapporter de l'autre part sur le même cercle au point m ; Puis passant le filet par les deux points $m:M$: voir où il coupe la droite BD comme en T; car BK ou FI double de BT, donnera le nombre des parties de la distance horizontale, FL celui des parties de la longueur du plan incliné, & IL celui des parties de la hauteur perpendiculaire; supposé que la plus grande portée soit de 400 parties: Ainsi faisant que comme 400 parties est à 600 toises, ainsi chacune de ces quantitez est à une quatrième, Nous aurons les grandeurs que nous recherchons. La demonstration en est aisée: car

LIV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries,



supposant que l'arc decrit du centre L & de l'intervalle L K ait coupé le demi-cercle aux points M:m:, qui sont, comme nous avons dit, les foyers des Paraboles recherchées; si l'on mène une droite M m T par les mêmes points, la droite M m sera coupée en deux également par FL qui joint les centres des deux cercles, & partant l'arc Q M sera égal à Q m. Et pour faire voir que B K est double de B T, il ne faut que remarquer que la droite B K touchant les deux cercles en B & en K, le rectangle m T M dans l'arc K M m est égal au quarré de la touchante T K; Et dans le demi-cercle le même rectangle est égal au quarré de la touchante T B: D où il s'ensuit que T K & T B sont égales, & B K ou F I double de B T. Le reste n'a point de besoin de plus grande explication.

Si l'inclination du plan est au dessous du niveau des batteries, nous pourrons par le même raisonnement faire voir que la droite p P qui passe par les points de l'intersection de l'arc K P p & du demi-cercle, est coupée en deux également par la droite F S qui joint les centres des deux cercles; Et partant que l'arc R P est égal à l'arc R p; & le rectangle p T P dans l'arc K P p est égal au quarré de la touchante K T & au quarré de la touchante B T dans le demi-cercle; Et qu'ainsi B K ou F I est double de B T.

LIV. VII.
CHAP. IV.
Pour les jets
qui ne sont
pas au niveau
des batteries.

LIV. VII.
CHAP. V.
Démonstration des pratiques par le compas de proportion.

CHAPITRE V.

Démonstration des pratiques par le Compas de proportion.

LA septième & dernière pratique est celle qui se fait par le moyen du compas de proportion, dont l'usage se réduit à ce seul cas ; qui est à trouver une quatrième proportionnelle à trois quantitez données. Ce qui se fait avec facilité prenant sur la ligne des parties égales la grandeur de la première & lui appliquant de travers la longueur de la seconde, en sorte qu'elle fasse sur le compas ouvert la base d'un triangle Isoscelle dont les côtes égaux sont chacun de la grandeur de la première quantité ; Puis ayant pris sur les mêmes parties égales la longueur de la troisième, considerer Quelle en est la transversale sur le compas ainsi ouvert ? car cette grandeur est la quatrième que l'on demande.

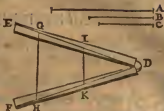
Comme s'il falloit trouver une quatrième proportionnelle aux trois grandeurs A, B, C ; je prendrois sur les côtés DE, DF du compas de proportion sur la ligne des parties égales, la longueur DG ; DH égale à A : & j'ouvrerois le compas de telle sorte que la droite GH qui fait la base du triangle Isoscelle GDH fut égale à la seconde quantité B. Puis aiant mesuré sur les mêmes

mêmes côtes DE : DF
la longueur DI : DK

égale à la troisiéme C; E
je prendrois sur la même
ouverture du compas
la transversale 1 K, qui
seroit la quatriéme que
je recherche. Car dans
les triangles semblables

DGH, DIK, la droite DG est à GH, c'est à dire A à B, comme DI ou C est à la droite IK.

Il faut deplus considerer que les parties de la ligne que l'on appelle des angles , sont les longueurs des cordes ou soutendantes des arcs de cercle à toutes les ouvertures des angles depuis un degré jusqu'à 180 ; ainsi 60 parties sur cette ligne font l'étendue de la corde d'un arc de 60 degrez ou du demi - diametre du cercle : 45 parties font celle de la corde de l'angle de 45 deg. : 72 celle de 72 deg. : 180 parties font le diametre entier qui est la corde du demi-cercle. Et comme la corde d'un arc est le double du sinus de la moitié de l'angle du même arc , il s'ensuit que les sinus ont entr'eux même proportion que les cordes du double des angles dont il font les sinus ; Et qu'ainsi l'on peut prendre les uns pour les autres.



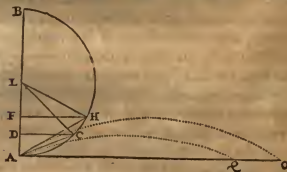
LIV. VII.
CHAP. V.
Démonstration des pratiques par le compas de proportion.

LIV. VII.
CHAP. VI.
Pour les por-
tées qui sont
au niveau des
batteries.

CHAPITRE VI.

Pour les portées qui sont au niveau des batteries.

C'EST posé: Reprenant la figure de Torricelli, il n'est pas mal aisé de comprendre la raison de nos pratiques: Car dans la première expliquée au premier Chapitre du cinquième livre de la seconde partie où, par exemple, la portée d'un mortier étant donnée suivant un angle donné, l'on demande Quelle sera celle du même mortier suivant un autre angle? comme si le mortier élevé suivant l'angle QAC de 21 deg., a chassé à la longueur AQ de 400 to., l'on veut sçavoir Quelle est la longueur AO , à laquelle il chassera s'il est posé suivant l'angle QAH de 30 degrez? D'autant que les portées AQ & AO sont entr'elles comme les lignes CD :



HF : c'est à dire comme les sinus des angles LIV VII.
 ALC, ALH doubles de ceux de la position CHAP. VI.
 du mortier QAC, QAH ; Elles seront aussi Pour les por-
 entr'elles comme les doubles des mêmes lignes tées qui sont
 CD, HF, c'est à dire comme la corde du double au niveau des
 de l'angle ALC est à la corde du double de l'angle barrières.
 ALH, ou comme la corde du quadruple de
 l'angle QAC, à la corde du quadruple de l'an-
 gle QAH ; Et partant si nous prenons la cor-
 de de 84 deg. quadruple du premier angle don-
 né de 21 degrez pour premier terme ; Pour se-
 cond la corde de 120 deg. quadruple du second
 angle donné de 30 degrez ; Et pour troisième
 les 400 toises de la portée donnée AQ : En
 cherchant sur le compas à ces trois quantitez
 une quatrième proportionelle, nous trouverons
 520 to. pour la portée AO que l'on demande.

Ainsi pour sçavoir à quel angle il faut élever
 le mortier pour le faire chasser à la longueur de
 520 to. , supposé qu'à 21 degrez de l'élevation
 il ait porté à 400 to. ; je prens pour premier
 terme 400 to. ; pour second 520 to. ; pour troi-
 sième la corde de 84 deg. quadruple de l'angle
 donné 21 deg. ; Et il me vient pour quatrième la
 corde de l'angle de 120 degrez, dont le quart est
 l'angle QAH de 30 degrez que je recherche.

Il est, comme je crois, inutile de dire que
 lors que les nombres des quantités proposées
 ou leurs étendues, excèdent celui des parties éga-

LIV. VII.
CHAP. VI.
Pour les portées qui sont au niveau des batteries,

les marquées sur le compas : il faut en prendre telle partie que l'on veut pourveu qu'elle soit moindre que celles du compas , & s'en servir pour trouver vôtre quatrième proportionnelle , qui sera la même portion de celle que vous cherchez , que celle dont vous vous êtes servi , l'est du nombre donné. Ainsi parce que le nombre de 400 to. est plus grand que celui de 200 contenu dans les parties égales du compas , je me sers du quart qui est 100 pour premier terme , & il me vient 130 au quatrième , dont le quadruple 520 est celui que je demande. Si le premier nombre étoit le tiers du donné , celui qui viendrait par la pratique seroit aussi le tiers de celui que l'on recherche , & ainsi du reste.

CHAPITRE VII.

Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries.

LIV. VII.
CHAP. VII.
Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries,

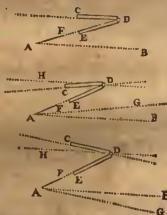
MAINTENANT pour bien entendre l'usage du compas de proportion rapporté au second Chapitre & aux suivans du cinquième livre de la seconde partie , pour les portées sur les plans inclinez ; il faut reprendre la figure par laquelle j'ay expliqué la troisième pratique , ou ED est à DV. c'est à dire EI à IK comme la

LIV. VII.
CHAP. VII.
Pour les por-
tées qui ne
sont pas au
niveau des
batteries.

IK nous avons cherché sur le compas la quatrième proportionnelle aux trois quantitez sçavoir la plus grande portée, la distance horizontale, & la corde du double de l'angle EHI qui est celui du complement de l'angle du plan HEI; Puis ajoutant ou ôtant du double de IK la corde du double du même angle HEI c'est à dire le double du sinus HI, nous avons eu le double de HK ou de son égale GQ, c'est à dire la corde du double de l'angle GER; Et par le moyen de cet angle nous avons trouve le reste.

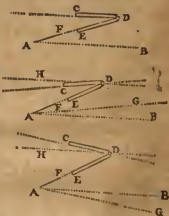
Il n'y a point de difficulté pour entendre la raison de l'application du compas de proportion pour la position du mortier; Car si le compas CDE étant ouvert comme il doit être, l'on élève le mortier A F en sorte que le bras ED étant parallèle à l'axe de l'ame AE, l'autre bras CD soit aussi parallèle à l'horizon AB; le mortier sera posé suivant l'angle BAE ainsi qu'il est demandé.

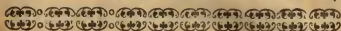
Si l'on veut decouvrir l'objet incliné de l'angle BAG au dessus



CHAP. VII.
LIV. VII.
Pour les por-
tées qui ne
sont pas au
niveau des
batteries,

ou au dessous de
l'horizon au travers
des pinules posées
sur le bras CD ;
l'on voit que l'angle
du compas CDE
est moindre) si l'in-
clination est au des-
sus) ou plus grand (si
elle est au dessous,))
que l'angle de l'éle-
vation du mortier
BAD , de la gran-
deur de l'angle CDH
égal à celui du plan BAG ; Et qu'ainsi il faut le
diminuer , comme nous avons dit , au premier
cas & l'augmenter en l'autre.





LIVRE HUITIEME.

LIV. VIII.

Doctrine de Monsieur Cassini pour le jet des Bombes.

CHAPITRE PREMIER.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective.

MONSIEUR Cassini a donné la résolution de toute la doctrine de la projection d'un mobile par une seule proposition, faisant voir qu'en tous les cas, il y a trois lignes qui sont continuellement proportionnelles, savoir celle qu'il appelle d'égalité, celle d'impulsion & celle de la chute respective.

CHAP. I.
Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective.

Pour faire entendre ce raisonnement, il suppose, comme les autres, qu'un corps jetté est porté de deux impressions différentes dont l'une, qui lui vient de l'impulsion d'une cause externe, le détermine à une certaine direction ou perpendiculaire en haut ou en bas, ou horizontale, ou inclinée & le porte d'un mouvement uniforme & égal par des espaces égaux en temps égaux : l'autre, qui lui vient de la pesanteur, le détermine par une ligne perpendiculaire en bas vers le centre de la Terre & le porte d'un mouvement continuellement accé-

LIV. VIII.

CHAP. I.

Lignes d'éga-

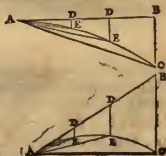
lité, d'impul-

sion & de chû-

te respective.

leré, de sorte que les espaces qu'il parcourt sont entr'eux en raison doublée des temps qu'il emploie à les parcourir.

Cette dernière impression ne change rien à la direction de la première, si elle est perpendiculaire en haut ou en bas : Elle ne fait qu'acourcir le chemin que fait le mobile au premier cas, & l'allonger en l'autre. Mais aux directions horizontales ou obliques, elle en change entièrement la droiture. Car si un mobile est, par exemple, porté d'une force externe suivant la direction de la ligne AB horizontale ou inclinée; il est constant que si le mobile n'avoit point de poids ny d'empêchement de la résistance du milieu, il seroit porté suivant la droite AB d'un mouvement égal qui lui seroit parcourir des espaces égaux en des temps égaux; Mais comme au moment du départ du point de repos A, l'impression de la pesanteur le tire en bas par des



lignes perpendiculaires DE, BC, elle le fait changer de route; Et au lieu de le porter par la droite AB, elle le conduit au long de la courbe AEC. Où il faut remarquer que la ligne AD qui seroit celle que le mobile auroit parcouru d'un mouvement égal s'il n'avoit point eu de poids, au moment qu'il se trouve en E, est cette ligne que M^r Cassini appelle *ligne d'impulsion* à l'égard du point E; Ainsi la ligne AB où le mobile sans poids se trouveroit lors qu'il est tombé en C, est la ligne d'impulsion au respect du point C. Les lignes perpendiculaires DE, DE, sont celles qu'il appelle *lignes de chute respective*, c'est à dire à l'égard des points E, E & des lignes d'impulsion AD, AD: Ainsi BC est ligne de chute respective à l'égard du point C & de la ligne d'impulsion AB; & les lignes AE, AC sont appellées *lignes de distance*, parce qu'elles mesurent de combien le mobile est éloigné du point de depart.

L. IV. VIII.
CHAP. I.
Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective.

CHAPITRE II.

De la ligne d'égalité.

DANS les projections verticales, où nous avons dit que la pesanteur acourcit le chemin du mobile, il est aisé de comprendre que le mobile monte tant que le chemin qu'il se fait

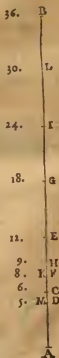
CHAP. II.
De la ligne d'égalité.

LIV. VIII.

CHAP. II.

De la ligne
d'égalité.

par l'impression du dehors, est plus grand que celui de la pesanteur ; Qu'il ne monte ni ne descend au moment que ces deux impressions sont égales ; Et qu'il descend aussi-tôt que celle de la pesanteur est plus grande que l'autre. Ainsi dans le jet vertical AB, si nous supposons que la force du dehors puisse porter le mobile par l'espace AC, par exemple, de 6 mesures dans un certain temps, pendant lequel la pesanteur le puisse faire descendre de l'espace CD d'une de ces mesures ; il est constant que le mobile au premier temps se trouveroit en D ; Ainsi la droite AC. 6., que le mobile sans poids auroit parcouru, est la *ligne d'impulsion* à l'égard du point D ; la ligne CD. 1., celle de la *chûte respective* à l'égard de la même AD ; Et la ligne AD de 5 mesures, celle de la *distance*. Au second temps le mobile sans poids seroit porté en E. 12., & seroit cependant tombé de la longueur EF, 4. ; Et se trouvant en F, la droite AE. 12. sera la *ligne d'impulsion*, EF. 4. celle de la *chûte respective*, & AF. 8. celle de la *distance*. Au troisième temps la ligne d'impulsion sera AG. 18., celle de la *chûte* GH. 9. & celle



de la distance A H. 9. Au quatrième temps la ligne d'impulsion est A I. 24. , celle de la chute I K. 16. , & celle de la distance A K. 8. Au cinquième temps celle d'impulsion est A L. 30. , celle de la chute L M. 25. & celle de la distance A M. 5. Enfin au sixième temps la ligne d'impulsion seroit A B de 36 mesures ou sextuple de la première A C, & celle de la chute seroit aussi la même B A de 36 mesures.

LIV. VIII.
CHAP. II.
De la ligne
d'égalité.

Et comme la ligne A B est le chemin qu'auroit fait en montant le mobile sans poids d'un mouvement égal, pendant qu'avec le poids il est monté de A en H & descendu de H en A , & dans le temps que le même poids seroit descendu du point B en A. C'est pour cette raison que M^r Cassini appelle cette droite A B *La ligne d'égalité*.

Il y auroit beaucoup de choses à considérer sur ce sujet , sur lequel je me contenteray de dire que cette ligne d'égalité A B est quadruple de la ligne du jet perpendiculaire A H , & partant double de la plus grande portée.



LIV. VIII.

CHAP. III.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective sont trois proportionnelles.

CHAPITRE III.

Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective sont trois proportionnelles.

MAINTENANT pour faire voir ce que nous avons dit, qu'en toute projection la ligne d'égalité, celle de l'impulsion, & celle de la chute respective sont continuellement proportionnelles; supposons que dans le jet AEC fait suivant la direction AB, la droite AD soit la ligne d'égalité, AB celle de l'impulsion, BC celle de la chute respective & AC celle de la distance; Et disons que puisque la droite AD est le chemin que le mobile feroit en montant par la seule impression du dehors & en descendant dans le même temps par la seule impression de la pesanteur; si nous la prenons pour la mesure



du temps de l'un & de l'autre, il est constant que la droite AB sera la mesure du temps que le même mobile employeroit à passer la même AB, porté du seul effort de la même impression du dehors. Et comme dans le temps AB il est descendu par l'impression de son poids de la hauteur perpendiculaire BC; cette hauteur BC sera à la hauteur DA en raison doublée du temps de la chute BC, qui est mesuré par AB, au temps de la chute AD c'est à dire comme le quarré de la ligne AB est au quarré AD : & partant les trois lignes BC, AB, AD sont continuellement proportionnelles.

LIV. VIII.
CHAP. III.
Lignes d'égalité, d'impulsion, & de chute respectives sont trois proportionnelles.

CHAPITRE IV.

*Sur une direction & sur une distance donnée,
Trouver la ligne d'égalité.*

MAINTENANT pour sçavoir sur une direction & sur une distance donnée, Quelle est la longueur de la ligne d'égalité, comme sur l'angle de la direction DAB & la ligne de la distance AC, c'est à dire sur l'étendue de la portée d'une piece ou d'un mortier, pointé suivant l'angle FAB complement du donné DAB, sur le plan AC incliné de l'angle FAC. Il faut considerer que dans le triangle ABC, le côté AC & les deux angles ABC BAC, sont donnés; Car ABC est égal à DAB, & BAC est la somme ou la difference des deux an-

CHAP. IV.
Sur une direction & une distance donnée. Trouver la ligne d'égalité.

LIV. VIII.
CHAP. IV.
Sur une di-
rection & une
distance don-
née, Trouver
la ligne d'éga-
lité.

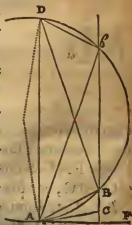
gles FAB , FAC qui sont ceux de l'inclination de la pièce & du plan : & partant l'on peut conoître par les sinus les longueurs des lignes d'impulsion AB & de chute respective BC ; Et par leur moïen trouver une troisième proportionnelle AD qui sera la ligne d'égalité que l'on recherche.

CHAPITRE V.

*La ligne d'égalité & la distance étant données :
Trouver la direction.*

CHAP. V.
La ligne d'é-
galité & la di-
stance étant
donnée, Trou-
ver la dire-
ction.

MAIS si conoissant la ligne d'égalité l'on veut sçavoir à Quel angle il faut élever la direction de la pièce pour la faire chasser à une distance donnée sur quelque plan que ce soit, horizontal ou incliné ? Voci ce qu'il faut faire. Soit la ligne d'égalité AD perpendiculaire à l'horizon, & la distance AC sur le plan AC , faisant avec la verticale AD quelque angle que ce soit DAC . Au point C soit élevée CBb parallèle à la verticale AD , & sur AD soit decrite la portion de cercle $ABbD$ capable d'un angle égal à ACB , (laquelle touchera la perpendiculaire CB en un point si le probleme n'a



qu'une

qu'une solution , ou le coupera en deux points comme en Bb s'il en a deux , ou ne le rencontrera point du tout s'il est impossible ,) & les lignes menées du point A à ceux de leur rencontre comme AB , Ab , seront celles de la direction que l'on demande , en sorte que FA étant horizontale , les angles FAB , FAb sont ceux de la position du mortier pour le faire porter au point C . Car les deux triangles ABC , ABD ayant les angles DAB , CAB égaux , à cause des parallèles AD , BC ; aussi bien que les angles ACB , ABD par la construction du cercle : Ils seront semblables ; & BC ligne de la chute respectiue sera à AB ligne d'impulsion comme AB est à AD ligne d'égalité. Nous pourrons faire voir par le même raisonnement que bC est à Ab comme Ab est à AD .

Si la ligne du plan AC est horizontale , la portion du cercle est un demi - cercle ; Si elle est élevée sur l'horizon , elle est moindre ; Et plus grande que le demi - cercle si l'inclination est au dessous. Où il est à remarquer , au sujet des projections qui se font sur un plan horizontal , c'est à dire au niveau de la batterie, qu'ayant dit cy - devant que la ligne d'égalité est quadruple de celle du jet perpendiculaire laquelle determine la force imprimée du mobile ; si nous supposons , comme Galilée & Torricelli , que le diamètre Ad du demi-cercle Abd , soit égal au

PL. IV. VIII.
CHAP. V.
La ligne d'égalité & la distance étant donnée, Trouver la direction.

LIV. VIII.
CHAP. V.
La ligne d'é-
galité & la di-
stance étant
donnée, Trou-
ver la dire-
ction,

quart de la ligne d'éga-
lité, c'est à dire du dia-
mètre AD du demi-
cercle ABD , & la ligne Ae
égale au quart de la di-
stance horizontale AC ;
La droite eb parallèle à CB
ou AD , coupera la cir-
conférence Abd aux
points recherchez, b , b
semblables aux points Bb
de la circonférence ABD ,



& les droites AbB , Abb prolongées, seront les
mêmes que les lignes de la direction que l'on
demande AB , Ab . Ce qui fait conoître que la
proposition de ces Auteurs ne fait qu'un cas de
celle de Mr. Cassini. L'on voit de plus, ce que
nous avons dit cy-devant, que la ligne d'éga-
lité AD étant quadruple de Ad , qui détermine
la force imprimée du mobile & qui par consé-
quent est égale à la moitié de la plus grande
portée de la bombe avec la même force, est
aussi double de la même plus grande portée.



LIV. VIII.
CHAP. VI.
Démonstra-
tion de la con-
struction & de
l'usage de l'in-
strument
Universel
pour le jet des
Bombes,

CHAPITRE VI.

*Démonstration de la Construction & de l'usage de
l'instrument Universel pour le jet des Bombes.*

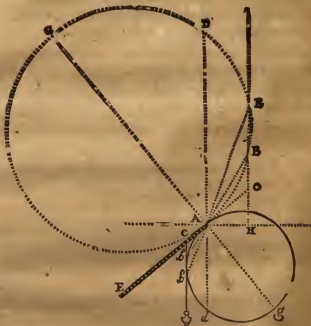
C'EST de cette doctrine que nous avons tiré la construction & l'usage de cet autre Instrument rapporté dans les deux premiers chapitres du sixième Livre de la seconde partie sous le nom d'Instrument Universel pour le jet des Bombes, & dont il faut ici parler plus au long & en donner la démonstration.

C'est un cercle Abg dont le diamètre est Ag , au bout duquel en A est attachée à angles droits une règle immobile AE égale au même diamètre & divisée en un très grand nombre de parties égales. Pour s'en servir il faut conôître la longueur de la ligne d'égalité & celle de la distance horizontale, & faire que comme cette ligne est à cette distance; ainsi le nombre des parties contenues dans la règle AE soit à un autre, qui soit, par exemple, celui des parties comprises entre A & c . Puis dressant la règle AE vers le but il faut laisser pendre un plomb du point c (dont le fil touchera la circonférence du cercle, si le problème n'a qu'une solution, ou le coupera en deux points comme b, b , s'il en a deux, ou ne le rencontrera point s'il est impossible;) les droites

Qq ij

LIV. VIII.
CHAP. VI.
Démonstra-
tion de la
construction
et de l'usage
de l'instru-
ment univer-
sel pour le jet
des Bombes,

tirées du point A aux points de rencontre b, b ,
sont celles de la direction de la pièce ou du
mortier que l'on demande.



La démonstration en est aisée ; Soit dans la
figure expliquée cy - devant , la ligne d'égalité
conue AD perpendiculaire à l'horizon , la ligne
de distance horizontale AH & le but C sur le
incliné AC où l'on veut que le coup frappe ;
la droite HC étant mené parallèle à AD , si l'on

décrit sur la verticale AD la portion de cercle ABD capable d'un angle égal à ACB dont le diametre soit AG perpendiculaire à AC , la circonférence sera rencontrée par la droite HCB aux points B, B , & les lignes AB, AB seront celles de la direction que l'on demande. Et comme les deux angles GAC, DAH sont droits, ôtant l'angle comun DAC , les deux GAD, HAC sont égaux, & les deux triangles rectangles ADG, HAC semblables, & partant comme DA est à AH , ainsi AG est à AC .

LIV. VIII.
CHAP. VI.
Démonstration
de la construction
& de l'usage
de l'instrument
Universel pour le jet
des Bombes.

Maintenant si l'on applique l'instrument de telle sorte que le bout A du diametre gA tombant sur le point A , la regle EA soit tournée vers le but C , c'est à dire qu'elle convienne avec la ligne du plan incliné AC , le diametre gA continué tombera sur le diametre AG ; Et comme on a fait que EA soit Ac comme DA est à AH ; il s'ensuit que EA ou son égale gA , est à Ac comme AG est à AC ; Et le plomb cbb étant parallèle à AD ou CBB , le cercle Abg sera divisé aux points $,bb$, comme le cercle ABG l'est aux points BB ; & les droites bA, bA : continuées tomberont sur les droites AB, AB ; c'est à dire qu'elles seront celles des directions que l'on demande.

LIV. VIII.
CHAP. VII.
Démonstra-
tion de ce qui
s'est ajouté à
l'instrument
Universel
pour en ren-
dre l'usage
plus facile,

CHAPITRE VII.

*Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument
Universel pour en rendre l'usage plus facile.*

SI l'on vouloit se servir de cet instrument sans être obligé de faire de regle de Trois pour trouver le point *c*, il faudroit ajouter en *A*, comme nous avons fait au troizième Chapitre du sixième Livre de la seconde partie, une autre regle mobile *AF* égale à *AE*; & pour plus grande commodité, il seroit bon que l'une & l'autre fut divisée en autant ou plus de parties qu'il y a de toises, ou de pieds, ou d'autres mesures, dans la plus grande ligne d'égalité dont on peut ordinairement se servir, c'est à dire dans le double de la plus grande portée d'une piece de Canon ou d'un mortier. Car si la ligne d'égalité proposée *AD* à autant de toises ou d'autres mesures qu'il y a de parties dans la regle *AF*, il ne faut que prendre autant de parties sur la regle *AE* qu'il y a de toises dans la distance horizontale *AH* comme de *A* en *c*, & l'instrument étant posé, en sorte que la regle *EA* regarde le but *C*, il faut tourner la regle *AF* de maniere que le plomb tombant de l'extrémité *F* passe par le point *c* & coupe le cercle en *b*. Mais si la ligne d'égalité proposée *AD*

est moindre, il faut prendre sur la regle mobile un nombre de parties égal à celui des toises qu'elle contient comme de A en K, & sur la regle immobile A E autant de parties qu'il y a de toises dans la ligne de distance horizontale A H comme de A en i, & tourner la regle A F en sorte que le plomb tombant du point K passe par i : car laissant le tout en cette situation, le plomb tombant du point F passera par c & cou-

L I V. VIII.
C H A P. VII.
Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel, pour en rendre l'usage plus facile,



pour couper le cercle au point que l'on recherche. LEV. VIII.

Il faut ici remarquer qu'au lieu de prendre pour premier terme de nôtre regle de Trois la ligne de la plus grande égalité, & la distance horizontale pour second terme comme il est marqué dans les Chapitres de ce livre ; Nous avons pris, dans les pratiques du sixième livre de la seconde partie, la plus grande portée pour premier terme, & la moitié de la distance horizontale pour second : parce que c'est toujours la même chose, & dont il n'est pas besoin de donner plus d'éclaircissement. CHAP. VII.
Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile.







L'ART DE JETTER LES BOMBES.

ET DE CONNOITRE L'ÉTENDUE DES COUPS
de volée d'un Canon en toutes sortes d'Elevations.

QUATRIEME PARTIE.

RESOLUTION DES DIFFICULTEZ
qui se trouvent dans la doctrine du jet des Bombes.

IL faut maintenant parler des difficultés que l'on trouve dans la doctrine que nous avons expliquée en ces deux dernières parties : afin qu'étant une fois bien entendues, l'on puisse plus aisément faire conôître que les changemens qu'elles

*Resolution
des difficultez
qui se trouvent
dans la
doctrine du
jet des Bombes.*

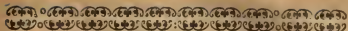
Resolution
des difficultez
qui se trou-
vent dans la
doctrine du
jet des Bom-
bes.

apportent dans les effets, sont de si petite consideration, qu'il n'y a point de lieu de s'y arrêter ni d'empêcher l'usage de mes pratiques.

Tous les raisonnemens dont on se sert sont de deux sortes ; Les uns semblent détruire les suppositions que nous avons faites pour démontrer que la nature de la ligne courbe decrite par le passage d'un mobile jetté, étoit telle que nous l'avons expliquée dans la troisième partie ; Et les autres trouvent tant de difficultez dans l'exécution, qu'ils font douter que l'on puisse attendre aucun effet assuré des regles que nous avons enseignées dans la seconde partie pour la pratique.

Pour répondre avec ordre aux uns & aux autres, nous traiterons premièrement de ceux qui combattent la Theorie, remettant à examiner ceux qui sont contre la Pratique, après que les premiers auront été résolus.





LIVRE PREMIER. LIV. I.

Solution des Objections faites contre la Theorie.

CHAPITRE PREMIER.

Explication de ce qui a esté supposé dans la Theorie.

LORS que dans la troisième partie nous avons voulu faire voir que la ligne que le mobile poussé horizontalement, decrit par son passage est parabolique, à cause qu'il est porté de deux mouvemens qui le determinent en différentes parts : Nous avons supposé que le premier qui lui est imprimé par la force extérieure & qui se fait suivant la direction de la ligne droite horizontale, étoit égal & uniforme parcourant sur cette droite des espaces égaux en temps égaux ; Et que l'autre qui lui vient de la gravité naturelle, se faisant par des droites perpendiculaires & parallèles, étoit inégal, mais uniformement accéléré, parcourant des espaces au long de ces parallèles qui sont entr'eux en raison sous doublée des temps qu'il employe à les parcourir.

CHAP. I.
Explication
de ce qui a
esté supposé
dans la Theo-
rie.

Comme dans cette figure, qui est celle dont nous nous sommes servis dans la troisième par-

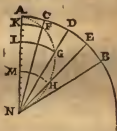
CHAPITRE II.

PREMIERE OBJECTION.

La ligne horizontale n'est point droite , & les perpendiculaires ne sont point paralleles.

LIV. I.
CHAP. II.
1. QUESTION.
La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point paralleles.

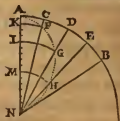
OR comme il est faux de dire que l'horizontale AB soit ligne droite & que les perpendiculaires CF, DG soient paralleles; (Car AB , étant supposée également distante du centre de la Terre , fait un arc de cercle ; & CF, DG étant perpendiculaires , concourent necessairement au centre ;) Il paroît de la fausseté de ces suppositions : Et l'on peut voir que quand même il seroit veritable que le mouvement du dehors imprimé suivant la direction horizontale fut égal & uniforme , & que celui de la pesanteur suivant la direction perpendiculaire , suivit précisément les loix du mouvement uniformement accéléré , la ligne de projection ne peut jamais être parabolique.



Car supposant le centre de la terre au point N ou concourent les perpendiculaires AN, CN,

LIV. I.
CHAP. II.
P. OBJECT ON.
La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point parallèles.

DN, si nous concevons que le mobile partant du point A, soit porté par l'impression extérieure d'un mouvement égal au long des arcs égaux AC, CD, DE, & par celle de sa pesanteur d'un mouvement uniformément accéléré au long des perpendiculaires AN, CN, DN: Il est constant que si dans le temps qu'il arriveroit en C par le mouvement égal, il se trouvoit en F par l'accélééré: il se trouveroit en G par le même accéléré, lors que par l'égal il devroit être en D, parce que l'espace DG ou AL est quadruple de CF ou AK, comme l'arc AD est double de AC: Ainsi il seroit en H au troisième temps AE, parce que EH ou AM contient neuf fois l'espace AK ou CF, comme l'arc AE contient trois fois l'arc AC. Maintenant, ayant pris une ligne comme AL moyenne Geometrique entre AN & AK, si nous faisons que comme AK est à AL, ainsi l'arc AC soit à un autre AB; il est constant que le mobile se trouveroit au centre de la terre N, lors que par le mouvement égal il auroit dû parcourir l'arc AB. Où il paroît que la courbe de la projection AFGHN est une espèce de Spirale fort éloignée de la parabolique, qui de soy ne porteroit jamais le mobile



LIV. I.
CHAP. II.
I. OBJECTION.
La ligne horizontale n'est point droite & les perpendiculaires ne sont point parallèles.

bile au centre. Car reprenant la figure de l'hy-po-these, si l'on prend le point N, pour le centre de la terre, il paroît que par la nature de la ligne parabolique, le mobile n'y arriveroit jamais, & qu'au contraire il en seroit éloigné de toute la longueur de l'ordonnée NI, lors qu'il seroit tombé par son propre poids de la longueur de demi-diamètre AN ou BI; D'où ensuite il s'en éloigneroit davantage à l'infini. Ce qui est absurde.

CHAPITRE III.

II. OBJECTION.

La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

IL n'est pas moins faux de dire que la force imprimée par la cause externe au mobile, soit perpetuelle égale & uniforme, en sorte que dans tout le temps de son mouvement elle lui fasse parcourir des espaces égaux en temps égaux: car bien que cela pût-être en quelque façon véritable au cas que le mobile fut porté dans un milieu qui n'eût point de resistance; celle de l'air, dans lequel nos boulets & nos bombes sont portés par la violence que le feu du mortier ou du Canon leur imprime, ne peut aucu-

CHAP. III.
La force imprimée au mobile n'est point perpetuelle, égale & uniforme.

LIV. I.
 CHAP. III.
 II. OBJECT.
 La force imprimée au mobile n'est point perpétuelle, égale & uniforme.

nement souffrir cette uniformité de mouvement.

De plus si nous nous imaginons qu'un mobile ne peut point se mouvoir dans l'air, qu'il ne s'y fasse faire place, en chassant à droite & à gauche les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage : & que ces parties ayant de la pesanteur ne changent point de situation sans être poussées par quelque force externe ; Nous n'aurons point de peine à comprendre que cette force ne leur peut être imprimée que par la violence du mouvement du mobile qui les rencontre. Et comme un corps qui se meut pert autant de sa propre vitesse qu'il en communique à un autre qu'il fait mouvoir ; il paroît que le mobile porté dans l'air ne sçauroit en détourner les parties pour se faire un passage, sans leur communiquer quelque chose de la vitesse de son mouvement, laquelle par ce moyen diminuë à mesure qu'il se meut, c'est à dire à mesure qu'il rencontre plus de parties de l'air qui s'opposent à son passage.

C'est ce qui fait cette si grande inégalité de vitesse & de durée du mouvement des mobiles, suivant la diversité des milieux dans lesquels ils sont portés, & celle de leur matiere, de leur pesanteur, de leur figure & de l'impression qu'ils ont receuë. Entre ceux la même qui se meuvent dans un même milieu comme dans l'air, & qui sont de même matiere & de même figure, les

plus petits perdent bien plutôt la force de leur mouvement que les plus grands, parce qu'ayant plus de surface à proportion de leur grandeur, ils rencontrent plus de parties de l'air qui leur résistent.

LIv. I.
CHAP. III.
II. OBJECT.
La force imprimée au mobile n'est pas perpétuelle, égale & uniforme.

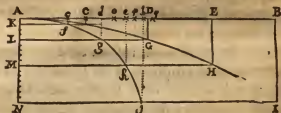
Pour ne point sortir de nôtre sujet l'on peut dire qu'un même mobile pousse avec plus de violence les parties de l'air qu'il rencontre lors qu'il a plus de vitesse que lors qu'il en a moins ; Et vray - semblablement cette impulsion à quelque chose de proportionné à la velocity de son mouvement : car le mobile ne se ressent de la résistance des parties du milieu qu'à proportion de la force qu'il employe à les pousser ; D'où il arrive que le dechet qu'il souffre dans la vitesse suit aussi la mesure de la même vitesse , c'est à dire que plus elle est grande & plus elle souffre de diminution par la résistance de l'air.

Comme si nous entendons qu'un mobile porté suivant la direction horizontale *AB*, doive parcourir dans un milieu sans résistance par le mouvement imprimé du dehors les espaces égaux, *AC*, *CD*, *DE*, *EB* en temps égaux ; pendant lesquels il doit descendre par le mouvement accéléré de sa pesanteur au long des perpendiculaires *CF*, *DG*, *EH*, *BI*, pour décrire par sa projection la ligne parabolique *AFGHI* : Il est constant que dans un milieu résistant comme dans l'air , le mouvement im-

S f ij

LIV. I.
CHAP. III.
II. DIRECT.
La force im-
primée au
mobile n'est
pas perpetuel-
le, égale &
uniforme,

primé suivant la direction de la ligne AB ne lui fera point passer des espaces égaux en temps égaux ; mais qu'au contraire ces espaces diminueront d'autant plus qu'il sera porté avec plus de vitesse. De maniere que si la resistance de l'air est capable de diminuer le chemin AC de la longueur par exemple Cc , en sorte que le mobile au premier temps mesuré par AC , au lieu de se trouver en C sur l'horizontale,



n'arrive qu'à la distance Ac ; sa vitesse au point c en sera d'autant diminuée, & elle sera d'autant moindre que celle qu'il avoit en A que la ligne Ac est moindre que AC ; d'où il arrive que s'il se mouvoit du point c sans trouver de resistance, il parcourroit dans le second temps, mesuré par CD , l'espace co égal à Ac . Mais à cause de l'opposition des parties de l'air, il n'arrive qu'à celui de cd , si le premier dechet cC est au deuxième do , comme la premiere vitesse en A est à la seconde en c , ou comme AC est à Ac . Ainsi pre-

nant dp égale à cd , le mobile au troisiéme temps DE arriveroit sans resistance en p ; mais dans l'air il ne vient qu'en e , enforte que le dechet ep soit au dechet do comme la vitesse en d est à la vitesse en e , ou comme de est à cd . Enfin si l'on fait eq égale à de , l'on peut voir que le mobile avec sa vitesse en e parviendroit au quatriéme temps EB en q sans resistance, & que dans l'air il ne vient qu'au point b , laissant l'espace du dechet bq qui a même proportion au dechet ep , que la vitesse en e est à la vitesse en d , ou comme be est à de .

De sorte que si nous supposons que dans le premier temps AC le mobile soit arrivé par le mouvement de l'impulsion externe suivant la ligne horizontale AB au point c , & par celui de sa pesanteur à la longueur AK ou cf sur la perpendiculaire; Qu'en deux temps AD , il soit en d sur l'horizontale, & en L ou g sur la perpendiculaire; Qu'en trois temps AE , il soit parvenu horizontalement en e , & en M ou b sur la perpendiculaire; Et qu'enfin en quatre temps AB il soit arrivé en b sur l'horizontale par le mouvement imprimé, & en N ou i par l'accélééré de sa pesanteur: L'on peut voir que par la composition de ces deux mouvemens, il aura décrit par sa projection la ligne courbe $Afgbi$, qui est fort éloignée de la parabolique de l'ypothese $AFGHI$.

LIV. I.
 CHAP. III.
 II. OBJET.
 La force imprimée au mobile n'est pas perpetuelle, égale & uniforme.

LIV. I.
CHAP. IV.
III. OBIECT.
La résistance
de l'air altere
les propor-
tions du mou-
vement causé
par la pesan-
teur.

CHAPITRE IV.

III. OBIECTION.

La résistance de l'air altere les proportions du mouvement causé par la pesanteur.

L'ON peut raisonnablement conjecturer que la même résistance des parties de l'air, n'apporte pas moins de changement au mouvement de la pesanteur qui se fait sur les perpendiculaires, dont il altere considérablement les proportions. Il seroit autrement mal aisé d'expliquer plusieurs expériences que l'on a faites: comme de dire pour quelle raison une fleche tirée perpendiculairement met moins de temps à monter qu'à descendre, & fait en tombant sur une matière molasse moins d'impression à sa chute de quelque hauteur que ce puisse être, que lors qu'elle est tirée de près sur la même matière? D'où vient qu'une balle de pistolet tirée sur le pavé de haut en bas à plomb de la hauteur de plus de trente toises, se trouve moins écachée & moins froissée, que lors qu'elle est tirée sur le même pavé de la hauteur seulement de huit ou dix pieds? & diverses autres de cette nature, dont on donne des raisons assez probables par la résistance de l'air.

Car si nous entendons que la fleche portée

dans un milieu sans resistance avec la force qui lui a été imprimée par le décochement de l'arc, monte à une hauteur déterminée ; nous pourrions dire que tombant ensuite dans le même milieu , elle acquerra par le mouvement accéléré de sa pesanteur une force pareille à celle qui lui avoit été premièrement imprimée , c'est à dire capable de la faire remonter à la même hauteur ; Que les espaces qu'elle parcourra en montant seront reciproquement les mêmes que ceux qu'elle passera en temps égaux en descendant ; Et que le temps qu'elle mettra à descendre sera précisément égal à celui qu'elle a employé à monter.

Mais si la fleche portée dans l'air perd autant de sa force imprimée qu'il faut qu'elle en communique aux parties de l'air qu'elle doit détourner pour passer ; il est constant qu'en montant elle n'arrivera qu'à une hauteur qui sera moindre que la première ; Et que descendant ensuite de cette hauteur , le mouvement de sa pesanteur ne pourra par conséquent lui faire aquerir qu'une force qui sera moindre que celle de l'arc , quand même elle descendroit dans un milieu sans resistance. D'où vient que celle qu'il aquiert dans l'air à la fin de sa chute doit être notablement plus petite & faire beaucoup moins d'impression sur une matiere molasse , que lors qu'elle est tirée de près avec la même impression de l'arc.

LIV. I.
CHAP. IV.
III. OBJECT.
La résistance
de l'air altere
les propor-
tions du mou-
vement causé
par la pesan-
teur.

LIV. I.
CHAP. IV.
III. *SUBJECT.*
La résistance
de l'air altere
les propor-
tions du mou-
vement causé
par la pesan-
teur.

Maintenant les forces & les vitesses étant proportionnelles, si la fleche dans l'air à moins de force en descendant qu'elle n'en avoit par l'impression de l'arc en montant; il paroît qu'elle descend avec moins de vitesse: & comme elle passe des espaces égaux en l'un & en l'autre, elle doit necessairement enployer plus de temps à parcourir celui de la descente qu'elle n'en aura mis à passer celui de la montée qu'elle aura parcouru avec plus de vitesse.

C'est aussi de cette maniere que l'on peut expliquer la difference qui se trouve entre deux coups de pistolet, dont l'un est tiré en bas à plomb d'une grande hauteur comme de trente toises, & l'autre à la distance seulement de huit ou dix pieds. Car s'il passoient tous deux dans un milieu sans resistance, il y a apparence que la force qui a été également imprimée par le feu à l'un & à l'autre, dureroit toujours sans alteration & passeroit des espaces égaux dans des temps égaux, & que de plus arrivant à cette force externe un nouvel accroissement de vitesse imprimée par la pesanteur à chaque moment de la chute; il est constant que la force & la vitesse d'une balle de pistolet tirée d'une grande hauteur seroit beaucoup plus grande que celle de la balle tirée de près: car l'une & l'autre ayant toujours la même impression du feu, la premiere auroit encore au par dessus de la seconde,

conde, la force & la vitesse qu'elle auroit aquisie dans tout le temps qu'elle auroit mis à passer un plus grand espace en tombant.

Ce qui n'arrive pas dans l'air dont les parties, devant être chassées pour donner passage à la balle, derobent à chaque moment une portion si considerable de sa vitesse, tant de celle qui lui est imprimée par le feu que de celle qui lui vient de sa pesanteur, que le composé de l'une & de l'autre se trouve à la fin moindre que celle qu'il avoit reçu du feu dans le commencement de sa chute, c'est à dire que celle de la balle tirée d'une petite distance.

C'est ce qui fait presumer que cette balle de pistolet tombant dans l'air de quelque hauteur que ce puisse être, ne pourroit jamais parvenir, par la seule impression de sa pesanteur, à un degré de vitesse & de force pareil à celui que le feu du pistolet lui imprime; y ayant peu d'apparence que la resistance de l'air lui permette jamais d'aquerir d'elle-même une force, qui lui étant une fois imprimée d'ailleurs, lui est si facilement & en si peu de temps ôtée par la même resistance.

Au contraire on peut dire vrai-semblablement que chaque corps selon son poids, sa matiere, & sa figure, à dans chaque milieu un certain degré de vitesse determiné à laquelle il peut arriver en tombant; Après quoy se trouvant, pour

LIV. I.
CHAP. IV.
III. OBSCT.
La resistance
de l'air altere
les propor-
tions du mou-
vement causé
par la pesan-
teur.

LIV. I.
CHAP. IV.
III. OBJECT.
La résistance
de l'air altère
les propor-
tions du mou-
vement causé
par la pesan-
teur.

ainsi dire , en équilibre avec la résistance du milieu , il cesse de recevoir accroissement de vitesse , & son mouvement devient peut-être alors égal & uniforme ; au moins tant qu'il trouve de l'uniformité dans les parties du milieu : Qui par leur constipation peuvent à la fin devenir assez fortes pour , non seulement diminuer , mais même pour faire entièrement cesser le mouvement du corps tombant.

Et c'est en ce sens que l'on peut en quelque maniere appeller surnaturelle ; la vitesse qu'une force externe imprime au corps , lors qu'elle est plus grande que celle qu'il peut naturellement aquerir en tombant ; c'est à dire lors qu'elle surpasse ce degré déterminé , au delà duquel l'action de sa pesanteur ne lui donne plus d'accroissement de vitesse. Ainsi cette force & cette velocity que le feu du pistolet confere à la balle , lui est en quelque façon surnaturelle , puis qu'elle est plus grande que celle que la résistance de l'air lui peut permettre d'aquerir dans sa chute à quelque hauteur que ce soit.



CHAPITRE V.

IV. OBJECTION.

Deux mouvemens differens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans alteration.

LIV. I.
CHAP. V.
IV. OBJECTION.
Deux mouvemens differens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans alteration.

OUTRE ces difficultez qui detruisent les hypotheses sur lesquelles la doctrine de la projection est fondée, l'on peut encore ajouter qu'il est malaisé de comprendre que deux mouvemens si differens comme sont l'égal & uniforme, & celui qui est uniformement acceleré, puissent entrer en composition l'un avec l'autre sans donner ny recevoir aucune alteration; C'est à dire que chacun d'eux agisse, dans la composition, en la même maniere qu'ils agiroient s'ils étoient separez, & que l'égal conserve son égalité dans sa direction & l'acceléré ses degrez d'acceleration proportionée selon la ligne perpendiculaire.

Ce qui est même assez contraire à l'experience; car dans cette hypothese un corps pesant feroit toujours autant de chemin en tombant par le mouvement acceleré sur les perpendiculaires, soit qu'il fut emporté d'un mouvement imprimé du dehors avec quelque degré de vitesse que ce puisse être, soit qu'il ne se ressentit d'aucune autre impression que de celle de sa pesanteur;

LIV. I.
CHAP. V.
IV. OBJECT.
Deux mouve-
mens diffé-
rens n'ont
point en com-
position l'un
avec l'autre
sans altéra-
tion,

& partant un mobile mettroit justement à arriver à terre d'une certaine hauteur en tombant seulement de son propre poids, qu'il en mettroit étant emporté d'une impression horizontale par laquelle il pût faire un tres grand chemin. C'est à dire que comme un boulet de Canon ne met, par exemple, que la moitié d'une seconde de temps à tomber de son propre poids de la hauteur de trois pieds ; il devroit arriver à terre dans le même temps partant d'une piette élevée de trois pieds & pointée horizontalement, qui seroit capable de le chasser à longueur de huit cens toises : ce qui est absurde. Car toutes les experiences font conoître que ces portées horizontales tirées d'une certaine hauteur, emploient toujours plus de temps avant que d'arriver à terre, qu'il n'en faudroit au boulet pour tomber cependant d'une hauteur quatre fois, & même en certain cas dix fois plus grande.

Ceci se reconoit encore dans les jets d'eau, & le pere Mersene dit à ce sujet dans ses hydrauliques, que le Dragon de Ruel, (qui est un jet qui se tourne de toutes parts,) élevé de quatre pieds sur l'horizon, jectoit l'eau suivant la direction horizontale à trente pieds de distance en deux secondes de temps ; pendant lequel l'eau seroit descenduë par le seul mouvement de sa pesanteur, de la hauteur perpendiculaire de plus de quarante huit pieds. Car

comme les espaces parcourus du mouvement accéléré sont entr'eux comme les quarrés des temps, s'il est vray, comme on le voit par l'expérience, qu'un mobile tombe de la hauteur de trois pieds perpendiculaires en une demi seconde de temps ; En deux secondes c'est à dire en un temps quadruple du premier, il doit tomber d'une hauteur seize fois plus grande c'est à dire de celle de quarante huit pieds.

LIV. IV.
CHAP. V.
Deux mouvemens différens n'entrent point en composition l'un avec l'autre sans altération.

Les arquebuses rayées tirées debut en blanc portent juste à la longueur de cent toises dans le temps d'une seconde, dont la balle devroit néanmoins tomber à terre à la moitié du chemin, si l'effet de sa pesanteur n'étoit pas suspendu par la force de l'impulsion de la poudre.

CHAPITRE VI.

V. O B I E C T I O N.

Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut être pas dans la proportion des quarrés des temps de la chute.

LA figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection se trouveroit fort altérée, & toutes les conséquences que l'on en tire ; si les espaces qu'un mobile parcourt par le mouvement accéléré de sa pesanteur, étoient entr'eux comme les sinus versés, ou s'ils sui-

CHAP. VI.
V. O B I E C T I O N.
Les espaces parcourus par le mobile tombant ne sont peut être pas dans la proportion des quarrés des temps de la chute.

LIV. I.
CHAP. VI.
V. OBJECTION.
Les espaces
parcourus par
le mobile com-
bant ne sont
peut-être pas
dans la pro-
portion des
quarrés des
temps de la
chûte.

voient quelque autre proportion différente de celle des quarrés de temps, comme il est supposé pour produire la ligne parabolique. Et comme il n'a pas jusqu'ici paru de démonstration de cette hypothèse, il y a lieu d'en douter; D'autant plus que ces différentes opinions ont été avancées & sont encore soutenues par des hommes de grande réputation.

CHAPITRE VII.

VI. OBJECTION.

Cette Theorie est souvent contraire à l'expérience.

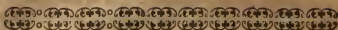
CHAP. VII.
VI. OBJECT
Cette Theorie
est souvent
contraire à
l'expérience.

ENFIN ce qui peut le plus embarrasser dans ce système, c'est qu'en plusieurs cas il est fort contraire à l'expérience. Car sans s'arrêter à celles qui peuvent avoir donné lieu aux règles d'Ufano, de Galée, & des autres dont il a été parlé dans la première partie; il est certain qu'un mousquet qui chassera par exemple à la longueur de trois cens soixante toises à toute volée, portera cent toises de but en blanc, c'est à dire plus du quart de sa plus grande portée: Au lieu que suivant les tables de cette hypothèse il ne devroit point chasser du tout étant tiré horizontalement; Et qu'à l'élevation d'un degré il ne devroit porter gueres plus loin qu'à la trentième partie de la même portée, & à la quinzième.

me élevé de deux degrez ; Et qu'enfin pour le faire chasser à celle de cent toises , lors qu'à 45 degrez il porte à trois cens soixante to. , Il faudroit le tirer sous la direction de huit degrez. De sorte qu'un soldat qui croiroit tirer son mousquet à la hauteur de son œil , le tiendrait élevé au pardessus à la hauteur de huit degrez sans le conoître. Ce qui est absurde.

LIV. I.
CHAP. VI.
VI. OBJECT.
Cette Theorie est souvent contraire à l'experience,





LIVRE DEUXIÈME.

*Réponses aux Objections proposées contre
la Theorie*

LIV. II.
Réponses aux
Objections
proposées
contre la
Theorie,



OILA la plus grande & la plus importante partie des raisons que l'on apporte contre les suppositions sur qui nous avons fondé la doctrine des projections que nous avons expliquée ; Ausquelles nous allons repondre à peu près dans le même ordre qu'elles ont été proposées.

CHAPITRE PREMIER.

Réponse à la premiere Objection.

CHAP. I.
Réponse à la
premiere ob-
jection.

L'ON ne peut rien nier dans la premiere ; Étant tres - veritable (à le prendre à la rigueur ,) que les lignes horizontales , c'est à dire également distantes du centre de la terre en toutes leurs parties , sont des arcs de cercle & ne peuvent jamais être lignes droites ; & que les perpendiculaires , c'est à dire celles qui tendent au même centre , ne sçauroient jamais être paralleles. Et qu'ainsi la ligne de projection d'un corps pesant , supposé même que le mouvement,

imprimé

imprimé fut égal & uniforme & celui de la pesanteur uniformément accéléré , ne peut être ligne parabolique , mais bien une espece de spirale.

LIV. II.
CHAP. I.
Reponſe à la
premiere ob-
jection,

Il n'y a rien , dis-je , de plus certain que ce raisonnement pris dans la severité des demonstrations Geometriques ; Mais si l'on considere la distance qu'il y a entre le centre de la Terre & le lieu où nous faisons nos projections, & le peu d'étendue de ces mêmes portées en comparaison de sa surface : l'on ne pourra pas trouver mauvais que nous fassions les mêmes hypotheses qu'Archimede a faites sur un sujet de pareille nature , lors que dans son livre *des Equi-ponderans* & dans celui de *La Quadrature de la parabole* , il a supposé que le joug de la balance posée horizontalement fut une ligne droite , & que les cordes , auxquelles les poids pendans aux bouts de la balance sont attachez , fussent paralleles entr'elles ; Quoy qu'en effet le joug horizontal soit portion de cercle & les cordes perpendiculaires , soient lignes qui se rencontrent au centre de Terre.

Cependant comme les consequences qu'Archimede à tirées de ses suppositions , qui sont d'une verité incontestable dans la Theorie , rapportées à la Pratique des plus grandes mesures qui soient parmi nous , reçoivent si peu d'alteration , (pour ne pas dire point du tout ,

LIV. II.
CHAP. I.
Réponse à la
première ob-
jection.

au moins qui soit sensible :) Personne n'a fait difficulté de les admettre ; Et c'est sur ce fondement que nous avons la plupart de nos plus belles connoissances de Mécanique.

A son exemple nous pouvons bien supposer la même chose. Et comme on ne peut nier que les projections qui seroient faites horizontalement dans une distance *infinitement* éloignée du centre de la Terre, (dans laquelle la ligne de direction horizontale du mouvement imprimé du dehors seroit une ligne droite , & les perpendiculaires du mouvement de la pesanteur du mobile seroient des lignes parallèles ,) ne soient lignes paraboliques : l'on ne peut aussi raisonablement disputer que les projections qui se font parmi nous , mêmes les plus grandes & des plus grandes hauteurs , ne soient de la même nature ; s'il n'y a point de différence , ou si celle qui s'y rencontre est telle qu'il soit impossible de s'en appercevoir.

Or il est vrai que posant qu'il fut possible qu'une piece d'Artillerie , pointée horizontalement sur une montagne de cent toises de haut au dessus du niveau d'une Campagne , chassât à la longueur d'une de nos lieues ordinaires de 2500 toises , qui est la plus grande distance que l'on puisse s'imaginer pour la portée d'une piece pointée horizontalement : les perpendiculaires tirées des extremités de cette longueur,

ne se rapprochent pas de la grandeur de six pouces dans toute cette étendue d'une lieue & dans la hauteur de cent toises.

LIV. II.
CHAP. I.
Reponſe à la
premiere ob-
jection.

Ainsi je laiſſe à juger ſi trouvant par le calcul des tables faites ſur la nature de la ligne parabolique, qu'une portée dût être de 2500 toises; il arrivoit que cette portée par l'expérience n'arrivât qu'à la longueur de 2499 toises 5 pieds & 6 pouces & demi; l'on en devoit plutôt imputer la faute à l'inclination des perpendiculaires qu'à toute autre raiſon: vû même qu'il eſt moralement impoſſible de ſ'affûrer juſqu'à ce point de l'exaëtitude de la meſure actuelle dans une ſi grande étendue.

Ce que je dis de ſix pouces dans cette ſuppoſition qui ne vient peut-être jamais en pratique, ne monte pas à ſix lignes aux projections de cent toises de longueur ſur vingt toises de hauteur, & vient abſolument à rien dans nos portées ordinaires.

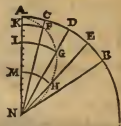
C'eſt à dire que bien que la ligne de la projection d'un mobile ſoit véritablement une helice ou ſpirale du ſecond genre dans toute ſon étendue, à le prendre depuis le point du départ juſqu'à celui du centre de la Terre, (au cas que le chemin lui fut ouvert;) il eſt auſſi tres-vray que la portion de cette helice, qui eſt coupée dans ſon commencement par la ſurface de la terre que nous habitons, eſt tellement ſem-

Vu ij.

LIV. II.
CHAP. I.
Réponse à la
première ob-
jection.

blable à la ligne parabolique, que l'on peut hardiment prendre l'une pour l'autre, sans craindre de faire erreur qui puisse jamais devenir sensible dans nos pratiques.

Comme dans la figure qui a été rapportée cy devant. Quoy que toute la ligne AFGHN de la projection d'un mobile depuis le point du depart A élevé, par exemple, de la hauteur AK sur



l'horizon KF, jusqu'au centre de la Terre N, soit une helice ou spirale; Sa portion neanmoins AF coupée dans son commencement par la surface de la terre KF, sur laquelle la projection est terminée, est tellement semblable à la ligne parabolique que, même supposé que la hauteur AK fut de cent toises, & l'horizontale AC d'une lieue ou de 2500 toises; la portée KF qui, dans l'hypothese que AF soit parabolique, est aussi de 2500 to., n'en est pas éloignée de six pouces dans l'elice, dans laquelle elle est de 2499 to. 5 pieds 6 $\frac{1}{2}$ pouces. La même KF ne sera point différente de l'horizontale AC de six lignes, si AC est supposée de cent toises & AK de vingt to.; Car KF sera de 999 to. 5 pieds 11 pouces 6 $\frac{1}{5}$ lignes. Ce qui s'évanouit entierement aux projections ordinaires dont les portées ne sont pas si grandes, non plus que les hauteurs au dessus du niveau.

CHAPITRE II.

Réponse à la seconde objection.

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

IL ne seroit pas plus raisonnable de contester la seconde des raisons, que l'on apporte contre nôtre hypothese, pour expliquer les alterations que la resistance de l'air peut apporter au chemin que doit faire un mobile poussé d'une force externe, dont nous avons supposé les espaces égaux qui sont parcourus dans des temps égaux. Car il est vray qu'un mobile ne sçauroit détourner les parties de l'air qu'il rencontre dans son passage, sans leur imprimer du mouvement & sans diminuer par consequent la vitesse de celui qui lui a été imprimé du dehors.

Il est donc tres veritable que, (raisonnant à toute rigueur,) les espaces qu'ils parcourent dans des temps égaux, avec une vitesse qui diminuë continuellement, ne peuvent point être égaux: & que, supposé même que le mouvement de la pesanteur qui se fait par les perpendiculaires, suit toujours les loix du mouvement uniformement acceleré; la ligne neanmoins de la projection, qui naît de la composition de ces deux mouvemens, ne sçauroit être ligne parabolique. Reste donc à considerer de combien les projections qui se font parmi nous, où la resistance

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

de l'air s'oppose au passage du mobile & en altere le mouvement, sont différentes de celles qui se feroient avec la même direction & les mêmes degrez de vitesse dans un milieu sans résistance.

Il est difficile, (pour ne pas dire impossible,) de parler avec science & certitude de tous les effets de la résistance en general, à cause de son irregularité presqu'infinie; agissant en mille manieres différentes sur les mobiles, non seulement suivant les différences de leur pesanteur, de leur matiere, de leur figure, de leur direction, de la vitesse & de la durée de leur mouvement, & des espaces qu'ils parcourent, ainsi que nous avons dit cy-devant; mais même suivant la difference des parties du milieu qui la causent, leur rareté ou densité, leur dureté ou mollesse, leur tenacité, leur poids, leur configuration, leur ressort, leur situation, leur repos ou leur agitation, & la facilité ou la difficulté qu'elles ont à recevoir l'impression des causes externes & à la conserver long temps ou la perdre aussi-tôt qu'elles l'ont receüe.

Toutes ces différences, qui sont cause, comme j'ay dit, que l'on ne peut pas faire une science complete sur ce sujet, n'empêchent pas néanmoins que l'on ne sçache que les corps pesants, de figure ronde, & dont la vitesse n'est pas excessive, sont ceux qui se ressentent le moins de

cette resistance , lors qu'ils sont portés dans un milieu rare comme est celui dans lequel nous faisons nos projections ordinaires, c'est à dire dans l'air. Et qu'ainsi ces projections & particulièrement celles des Bombes, à qui le feu du mortier n'imprime point de vitesse demesurée, qui sont rondes, d'un assez grands poids & qui ne sont pas portées dans des distances excessives, sont du nombre de celles qui se trouvent le moins altérées ; Et si on les examine de près, on trouvera que la ligne qu'elles traçent dans l'air par leur passage est tellement semblable à la parabolique, que l'on peut dire hardiment que l'alteration qu'elles reçoivent de la resistance du milieu est absolument insensible.

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

Car, (à le bien prendre,) la petitesse & le peu de durée des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles & que nous pratiquons ordinairement parmi nous, sont que l'on ne se peut presque point appercevoir qu'ils sont retardez ou arrêtés par les empechemens du dehors ; Entre lesquels celui de la resistance du milieu dans lequel se fait le mouvement est le plus considerable.

La force & l'énergie de la resistance de l'air se fait principalement conoître sur les mobiles en deux rencontres, l'une en ce qu'elle altere plutôt & plus considerablement le mouvement de ceux qui ont peu de poids, que de ceux qui

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

sont plus pesans. L'autre est à l'égard des mobiles semblables, égaux & de même pesant, mais qui sont portez avec des vitesses différentes, sur qui la résistance de l'air fait d'autant plus d'impression que leur mouvement se fait avec plus de velocity. Voici néanmoins deux observations de Galilée, qui font voir que même dans ces deux cas, ce que la résistance de l'air peut changer aux mouvemens que nous pouvons imprimer par nos artifices aux mobiles qui se meuvent dans les distances & avec les vitesses qui sont ordinaires parmi nous, est très-peu de chose.

La première est de deux corps de même figure & de même grandeur, mais de différentes pesanteurs comme sont deux balles de même grosseur dont l'une soit de bois & l'autre de fer ou de plomb, qui sera par conséquent, dix ou douze fois plus pesante que l'autre, Lesquelles il faut laisser tomber en même temps d'une même hauteur, comme de celle de cinquante toises, qui est un espace assez grand pour donner lieu à la résistance de l'air de faire remarquer la différence de son action sur des pesanteurs tellement éloignées l'une de l'autre. Car s'il est vray qu'elle agisse peu sur le plomb, & beaucoup sur le bois, le plomb doit en tombant laisser le bois beaucoup en arriere, & être à terre un temps considérable avant l'autre. Ce qui n'arrive
pourtant

pourtant point , car lors que le plomb touche à terre , le bois n'en est pas éloigné de la hauteur de dix ou douze pouces , c'est à dire de plus de la trois centième partie de toute la hauteur de la chute , bien loin d'en être éloigné de la dixième , comme il arriveroit si les vitesses & les espaces étoient , comme dit Aristote , proportionnez aux pesanteurs des mobiles qui tombent.

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

Cependant la vitesse que ces deux mobiles acquièrent par le mouvement uniformement accéléré tombant de la hauteur de cinquante toises , & qui est à peu près la même en l'un & en l'autre , est assez grande pour faire parcourir à chacun d'eux un espace de cent toises d'un mouvement égal & uniforme dans un temps égal à celui de leur chute , c'est à dire dans le temps d'environ cinq secondes. Elle est même assez grande pour être comparée à celle des mouvemens que nous pouvons imprimer par artifice aux mobiles , puis que celle-là même que le feu donne à la balle d'une arquebuse qui lui fait parcourir prez des mêmes cent toises en une seconde , n'est pas cinq fois plus grande que celle-ci. Ce qui fait voir que puisque , dans une si grande vitesse , dans un si grande espace & dans une si grande difference de pesanteur , il y a si peu de difference d'étendue de portée dans un même temps ; l'on ne doit pas presumer que la résistance de l'air apporte de grands changemens

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde obje-
ction.

dans les mouvemens de nos projections ordinaires.

L'autre est pour faire voir que l'empêchement qu'un mobile reçoit de la résistance de l'air, lors qu'il se meut avec beaucoup de vitesse, n'est gueres plus grand que celui qu'il ressent quand il est mû plus lentement. Suspendez, dit-il, deux balles de plomb égales & de même figure à deux filets de même longueur comme de six ou sept pieds, dont les bouts soient attachez au plancher; Puis éloignez en même temps les deux balles de leur état perpendiculaire où elle se trouvent quand elles sont en repos, mais en maniere que l'une s'en éloigne de 80 degrez ou même plus, & l'autre seulement de 4 ou 5 degrez: Ensorte que les laissant dans la liberté de leur mouvement la premiere decrive de tres-grands arcs comme de 160: de 150: de 140: degrez & ainsi de suite en diminuant peu à peu; L'autre au contraire ne passe que de petits arcs comme de 8: de 6: de 4: degrez en les diminuant aussi petit à petit.

Vous remarquerez, dit-il, premierement que la vitesse de l'un est seize ou dixhuit fois plus grande que celle de l'autre; Et que si la résistance de l'air retardoit beaucoup plus le mobile lors que sa vitesse est grande que lors qu'il se meut plus lentement, Elle devroit se faire ressentir davantage sur la balle qui passe de si

grands arcs , & rendre par conséquent ses vibrations (c'est à dire ses allées & ses retours) plus rares & moins fréquentes que ne sont les vibrations de la balle qui passe des petits arcs. Ce qui pourtant , n'arrive point : car l'expérience nous fait conôître que ces vibrations des balles pendantes à des filets de même longueur se font si justement dans les mêmes temps , soit que l'une passe des arcs cent fois , pour ainsi dire , plus grands que l'autre , que si deux personnes se donnent le soin de les conter chacune à part, elles se trouveront toujours ensemble dans les mêmes nombres , sans trouver aucune différence non seulement après les avoir contées par centaines , mais même dans celles qui sont répétées mille & mille fois.

Ce n'est pas que l'on n'y puisse à la fin trouver du changement : Car nous sçavons par l'expérience des horloges à pendules , que leurs vibrations sont un peu plus fréquentes & qu'elles vont tant soit peu plus vite lors que le ressort est à sa fin & qu'il ne peut donner que très-peu de mouvement à la pendule , que lors qu'étant dans sa force il lui fait decrire des grands arcs ; Mais cela ne se conôît qu'avec beaucoup de temps. Et l'on peut de ces expériences tirer une conséquence assurée que l'effet de la résistance de l'air sur les mouvemens que nous pratiquons ordinairement parmi nous , est peu de chose.

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

J'ajouterai à ces raisonnemens que posé même qu'il fût vrai, que l'air pût apporter une alteration considerable au mouvement des projections, & qu'il y eût beaucoup de difference entre l'étendue d'un jet fait dans un milieu sans resistance & celle d'un autre jet fait dans l'air avec la même impression de vitesse: l'on ne pourroit pas pour cela tirer aucune consequence contraire aux pratiques que nous avons enseignées dans la seconde partie de ce discours. Ce que l'on feroit avec justice si la resistance de l'air n'agissoit pas uniformement & de la même maniere sur tous les mobiles égaux, semblables & de même poids, & poussez d'une même vitesse sous quelque angle de direction que ce puisse être: Ou si dans les regles que nous avons proposées, nous avions comparé les portées qui se font dans l'air avec celles qui se feroient dans un milieu sans resistance.

Mais il n'y a rien de semblable dans nos suppositions; Et toutes nos regles & les Tables mêmes qui sont construites pour cet effet, ne considerent que les étendues des projections des mobiles qui se font dans un même milieu, c'est à dire dans l'air, avec la même impression de force; sans relation à ce qui leur arriveroit dans quelque autre milieu que ce puisse être. Car nous avons toujours supposé que l'on fit une épreuve de la piece ou du mortier dont on veut

se servir sous la direction d'un angle conû , & que l'on mesurât l'étenduë de la portée avec toute la justesse & la precision possible , en sorte que l'on pût s'appuyer assurément sur la certitude de cette experience ; Appellant cette portée *premiere & fondamentale* ; à laquelle il faut rapporter tous les autres jets que l'on auroit à faire avec la même piece ou mortier , chargé de la même maniere & sous la direction de tout autre angle proposé.

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde obje-
ction.

Ainsi l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que ces mobiles se ressentant également de la resistance du milieu , conservent entr'eux de fort près la même proportion pour la figure, la durée & l'étenduë de la ligne qu'ils decrivent dans leur passage , qu'ils auroient s'ils ne trouvoient aucun obstacle dans leur chemin. Ce qui est si conforme à l'experience que dans les jets d'Eau même qui par le peu de pesanteur & par la fluidité de la matiere , se ressentent beaucoup de l'effort de la resistance de l'air , l'on remarque que l'étenduë de ceux qui se font sous l'angle de 45 degrez , est double de la hauteur des perpendiculaires , ou s'approche de si près de ces mesures que dans les jets de six pieds de haut la difference ne sera pas de quatre lignes.

Ce n'est pas que l'on ne se puisse appercevoir de cette difference dans les autres jets dont les portées devroient, suivant les regles, être égales,

LIV. II.
CHAP. II.
Réponse à la
seconde ob-
jection,

quoy que le chemin qui se fait dans l'un soit plus grand que celui qu'il parcourt dans l'autre ; je veux dire dans les portées des projections qui se font sous des angles également éloignez au dessus ou au dessous de demi-droit. Car il est vray que celles qui s'approchent le plus de la perpendiculaire & dont les élévations sont au dessus, ayant plus de chemin à faire que celles qui s'approchent plus de l'horizontale & dont les élévations sont au dessous, se ressentent plus de la résistance de l'air, & sont par conséquent tant soit peu plus courtes que les autres.

A quoy l'on doit peut-être rapporter les expériences que Louïs Collado Ingenieur du Roy d'Espagne dont nous avons parlé dans la première partie de ce discours, raconte des portées d'un fauconneau de trois livres de balle tirées suivant les differens points de l'Equerre ; parmi lesquelles, quoy que tres-défectueuses, l'on ne laisse pas de remarquer qu'au septième point la balle chût, comme il dit, plusieurs pas en deça de la portée du sixième ; au huitième elle tomba entre les portées du troisième & du quatrième point, & au neuvième entre celles du second & du troisième ; Qui selon les regles devoient tomber le septième sur le cinquième, le huitième sur le quatrième, & le neuvième sur la portée du troisième point.

CHAPITRE III.

Réponse à la troisième objection.

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

JE me serviray de toutes ces raisons pour répondre à la troisième objection que j'ay rapportée cy-devant, par laquelle on pretend que dans la projection d'un mobile, la même résistance de l'air change beaucoup les proportions du mouvement uniformement accéléré que la pesanteur lui imprime. Car quoy qu'il soit vray que chaque corps, suivant son poids, sa figure & sa grandeur, doive avoir dans chaque milieu un degré borné de vitesse, qu'il est capable d'acquies en tombant d'une hauteur déterminée; Qu'au de la de cette hauteur il ne peut plus recevoir d'accroissement de velocity; Et que toute autre vitesse plus grande, imprimée par quelque cause externe au mobile, lui est en quelque façon surnaturelle: l'on ne peut néanmoins nier que les corps solides, ronds & pesans comme sont nos bombes & nos boulets de Canon, ne soient ceux d'entr'eux dont le dernier terme de l'accroissement de vitesse est le plus éloigné du commencement de leur chute, & sur qui l'effet de la résistance de l'air doit moins paroître dans les petites hauteurs comme sont celles de nos projections.

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

Ainsi, quoy qu'il arrive, comme on dit & comme il y a beaucoup d'apparence, qu'un de ces mobiles en tombant perde à la fin, par la résistance de l'air, la vertu que sa pesanteur lui donne d'augmenter incessamment sa vitesse: Comme cela ne lui doit arriver qu'après un grand temps & après être tombé d'une hauteur extraordinaire, il seroit malaisé de s'appercevoir si-tôt de ce changement, qui ne scauroit être grand dans les hauteurs où nous faisons ordinairement nos projections.

Ce qui se confirme par les experiences dont le Pere Mercene parle dans sa Balistique & qui sont rapportées dans cette objection; Car après avoir dit, qu'une fleche qui monte en trois secondes de temps à la hauteur de 50 toises, met en suite cinq secondes à descendre; Et que montant en cinq secondes à une plus grande hauteur, lors que la force de l'arc est plus grande, elle employe sept secondes dans sa descente; Il assure qu'il a reconnu par des épreuves repetées plus de cent fois que les bombes qui peuvent s'élever à la hauteur perpendiculaire de plus de cent toises, mettent précisément autant de temps à monter qu'à descendre.

D'où l'on peut conjecturer que ce qu'il rapporte des fleches, (s'il est vray qu'il ait pû remarquer si justement la hauteur de leur jet perpendiculaire & le temps de leur montée & de leur

leur descente ,) peut provenir , non seulement de la résistance de l'air dont l'effet sur les fleches a été suffisamment expliqué dans la troisième objection , mais même parce que la pointe de la fleche ayant plus de poids , se porte toujours en avant la premiere tant qu'elle est en mouvement ; Desorte que lors qu'en montant la pointe en haut , elle est parvenue à la hauteur perpendiculaire où la force imprimée la peut faire monter , il lui faut du temps pour se renverser & pour faire que la pointe se tourne du côté qu'elle doit se mouvoir en descendant , c'est à dire vers le bas. Et quoy que dans ce moment la fleche , à bien parler , ne descende pas encore , ne faisant que changer la situation de ses parties : Ce temps néanmoins étant pris pour celui de la descente , que l'on a accoutumé de conter du moment qu'elle cesse de monter , le fait paroître plus grand que celui de la montée ; quoy qu'en effet ils ne soient pas fort differens l'un de l'autre , non plus que dans le mouvement des Bombes & des autres mobiles ronds , qui étant également pesans en toutes leurs parties , n'ont point de changement à faire entr'elles , & mettent par consequent autant de temps à monter qu'à descendre. D'où l'on peut enfin necessairement inferer que le changement que la résistance de l'air apporte à leur mouvement , n'est point sensible.

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

L'on voit par l'une des observations de Galilée que, dans les mobiles de même grandeur & de même figure & qui tombent ensemble de même hauteur, la différence du poids ne fait pas beaucoup de différence de mouvement, puis qu'une balle de bois tombant de la hauteur de trente toises arrive presque aussi-tôt à terre qu'une de plomb, quoy que celle-cy soit dix ou douze fois plus pesante que l'autre. Ce que nous reconnoissons encore mieux par les jets perpendiculaires des liqueurs comme de l'eau & du vif argent, qui partant d'une même hauteur de source remontent presque à la même hauteur du jet, comme nous l'expliquerons mieux cy-après, quoy que l'eau soit plus de treize fois moins pesante que le vif argent. D'où nous pouvons conclure que l'effet de la résistance de l'air, quelque considérable qu'il puisse devenir sur les corps qui tombent de fort haut, n'est pas fort sensible dans les hauteurs où nous pouvons porter les mobiles à qui nous donnons le mouvement par nos artifices.

Au reste, si l'on suppose, comme il est vray semblable, que la résistance du milieu agit également sur des mobiles égaux, semblables & de même poids, pourveu qu'ils soient portez d'une même vitesse; Et que la différence de ses effets depend principalement de la différence du temps que le mobile employe à se mouvoir, en sorte

qu'elle se fasse plus ou moins ressentir selon que le corps mû fait plus ou moins de chemin en quelque direction que ce puisse être : l'on peut dire avec beaucoup d'apparence que nos bombes & nos boulets de Canon , (que nous supposons toujours égaux , semblables , de même poids , & portez d'une même vitesse , qui lui est imprimée par le feu d'une même piece ou d'un même mortier chargé de la même poudre & de la même maniere ,) conservent dans l'air les mêmes proportions , pour la difference des portées suivant les différentes inclinations de direction , qu'ils auroient dans un milieu sans resistance : & que l'on peut par consequent se servir des regles & des tables que nous avons rapportées ; quoy qu'à le prendre à la rigueur , elles supposent que le mobile ne ressent aucune alteration par les empeschemens externes dans son mouvement.

Pour regarder la chose de plus près , il faut considerer que la resistance de l'air agissant sur la projection d'un mobile en deux manieres savoir , en retardant l'effet du mouvement uniformement acceleré que la pesanteur lui imprime suivant les perpendiculaires , & en retardant par celui du mouvement égal qui lui a été donné la force de dehors selon la ligne de sa direction : Par la premiere cette resistance agrandit l'étendue de la portée du jet & par l'autre au contraire

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

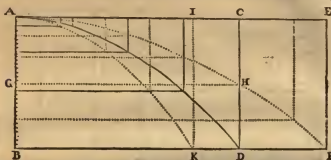
Elle la diminuë ; Ainsi l'on peut raisonnablement conjecturer que ces deux empêchemens se détruisent reciproquement l'un l'autre , & que le dernier ôtant de l'étenduë ce que le premier lui ajoute, elle demeure par une espece de compensation dans sa legitime grandeur & telle à peu près qu'elle seroit dans un milieu sans resistance.

Comme si le mobile partant du point A suivant la direction AC parcourroit dans un milieu sans resistance toute la ligne AC d'un mouvement égal pendant le temps qu'il descendroit par le mouvement uniformement acceleré de toute la hauteur perpendiculaire AB ; Il est constant que par la composition des deux mouvemens, il se trouveroit au point D où la perpendiculaire CD égale à AB rencontre la ligne horizontale BD, après avoir décrit dans son passage la ligne parabolique AD. Posons maintenant que la resistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement égal du mobile sans toucher à l'uniformement acceleré ; en sorte que dans le même temps qu'il descend du point A en B, il ne parcourt sur ligne de la direction AC que la longueur AI moindre que AC : il est encore évident que par la composition des deux mouvemens, le mobile se trouveroit en K où la perpendiculaire IK égale à AB rencontre la même horizontale BD ; Et que

l'étendue de la projection BK étant en ce cas diminuée par la résistance de l'air, seroit moindre que l'étendue BD de la projection dans un

Liv. II.
 Chap. III.
 Réponse à la
 troisième ob-
 jection.

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

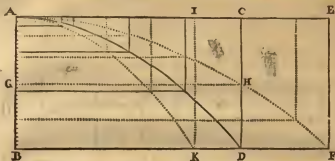


milieu sans résistance. Mais si laissant le mouvement égal suivant la direction AC sans le troubler, nous entendons que la résistance de l'air se fasse seulement sentir sur le mouvement uniformément accéléré de la pesanteur; en sorte que dans le temps que le mobile partant du point A arrive par le mouvement égal au point C, il ne soit cependant descendu que de la longueur perpendiculaire AG: il paroît que le mobile par la composition de ces deux mouvemens seroit en H, où la perpendiculaire CH égale à AG rencontre la droite GH parallèle à l'horizon, après avoir décrit la courbe AH; Et que dans le temps qu'il employeroit à descendre le reste de la perpendiculaire GB, pour arriver à l'horizontale BD, il auroit cependant continué sa route suivant la direction AC par

Y y iij

LIV. II.
CHAP. III
Réponse à la
troisième ob-
jection.

le mouvement égal comme de C en E; afin de se trouver en F où la perpendiculaire EF égale à AB rencontre l'horizontale BD continuée: Et



par ce moyen l'étendue de la projection BF se trouveroit agrandie par la resistance de l'air & plus longue que l'étendue BD qui se feroit dans un milieu sans resistance.

Puis donc que la resistance de l'air lors qu'elle agit seulement sur le mouvement uniformement accéléré, agrandit l'étendue du jet, comme au contraire elle la diminue lors qu'elle retarde seulement l'effet du mouvement égal, & qu'il y a grande apparence que cette resistance agit uniformement sur un même mobile, L'on peut, ce me semble, dire avec quelque fondement de raison que ces deux effets, qui agissant ensemble seroient considerables sur l'étendue du mobile s'ils se faisoient sentir de même part, deviennent par leur contrariété insensibles sur la même étendue; & que l'un lui rendant ce qui

lui est ôté par l'autre , elle demeure par cette compensation dans une espece d'équilibre & à peu près au même état qu'elle seroit si elle n'étoit aucunement altérée.

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
troisième ob-
jection.

CHAPITRE IV.

Réponse à la quatrième objection.

LA difficulté qui vient de la composition des deux mouvemens dont il est parlé dans la quatrième objection, est plus grande. Car bien que l'on puisse assez bien comprendre ce qui arrive sur ce sujet lors que les mouvemens sont purement mathématiques , c'est à dire lors que l'on les suppose parfaitement reglez & incapables d'aucune alteration : il n'en est pas de même de ceux qui se font parmi nous lesquels, dependant de mille causes physiques qui nous sont pour la plus part inconnues, sont par consequent sujets à plusieurs changemens dont il n'est pas facile de rendre raison.

CHAP. IV.
Réponse à la
quatrième
objection.

Ainsi Gallilée pour répondre à la même objection qu'il se fait luy-même , excepte premierement des regles de sa Theorie, les effets prodigieux du mouvement que le feu de la poudre imprime aux balles d'Artillerie , dont la vitesse est , dit-il , surnaturelle , parce que le mobile en tombant de quelque hauteur que ce

LIV. II.
CHAP. III.
Réponse à la
quatrième ob-
jection.

puisse être, ne pourroit jamais naturellement en acquiescer une pareille. Il avoue même qu'il y a quelque apparence que la ligne que décrit la balle d'un mousquet ou d'un Canon, est au moins dans son commencement plus droite qu'il ne faut pour être parabolique & qu'elle ne seroit effectivement si l'impression de sa vitesse n'étoit pas si violente.

Dans un autre endroit, faisant reflexion sur la table des amplitudes des paraboles, que nous avons rapportée cy - devant, & dans laquelle il met un 0 sous les angles de 0 & de 90 degrez, c'est à dire pour l'étendue du jet horizontal aussi-bien que du perpendiculaire; Il fait dire à *Sagredo*,) qui est un de ceux qui parlent dans ses Dialogues,) qu'il n'a point de peine à comprendre ce qu'il dit pour le jet perpendiculaire, parce qu'il n'y a point de force quelle qu'elle soit, qui puisse, en portant le mobile suivant cette direction à l'infini, donner au jet aucune autre étendue que la perpendiculaire: Mais qu'il ne peut pas si bien concevoir, qu'une force quelque grande qu'elle puisse être, ne puisse point porter un mobile horizontalement en ligne droite à une distance si petite que l'on puisse s'imaginer; Et qu'un boulet de Canon comence à descendre au premier moment qu'il sort de la bouche de la piece pointée, comme on dit, de point en blanc, & quitte la ligne de direction sans pouvoir

voir aucunement marcher en ligne droite.

J'assurerois même que cela est, dit-il, absolument impossible, si je n'en étois retenu par un autre accident de la nature, qui n'est pas moins bigearre ny moins surprenant que celui-ci; donc il y a néanmoins une démonstration Geometrique: c'est qu'il n'y a point de force quelle qu'elle soit, qui soit capable d'étendre une corde posée horizontalement en ligne droite. Comme si l'on attache aux extremités de la corde *AB*, deux poids *C*, *D* quelque grands qu'ils soient; Je dis qu'il ne pourront jamais étendre la corde horizontalement de telle sorte qu'elle fasse une ligne droite *AB*. Car si l'on entend que le poids de la corde, agissant en *I* soit égal au poids *H*; il est constant, par les regles de la Mécanique, que le poids *H* descendra & fera monter les deux poids *C* & *D* toutes les fois que le chemin *IE* que le poids *H* fera en descendant aura plus grande raison au chemin *EF* que les poids *C*, *D* feront au même temps en mon-

LIV. II.
CHAP. IV.
Réponse à la
quatrième ob-
jection.



Zz

LIV. II
CHAP. IV.
Réponse à la
quatrième
objection.



tant, que les mêmes poids C, D ensemble n'ont au poids de la corde H. Et comme la raison des poids C, D ensemble au poids H, ne sauroit jamais être si grande que l'on ne puisse faire un angle comme EAI dont la tangente comme IE n'ait encore une plus grande raison à la partie de la secante EF; c'est à dire le chemin du poids de la corde H en descendant, au chemin des poids C, D en montant: il paroît que ces poids ne sauroient jamais empêcher que le poids de la corde ne descende, ny jamais par conséquent l'étendre en ligne droite.

Galilée prend, ensuite de ce raisonnement, occasion de dire que ces deux cas sont si semblables, que ce que l'on demontre de l'un peut être entendu de l'autre sans difficulté: car les deux poids sont à l'égard de la corde qu'ils tirent, comme la vitesse de l'impression est à l'égard du boulet qu'elle emporte horizontalement. Et comme ces poids, quelques pesants qu'ils soient, ne peuvent jamais empêcher que le poids

de la corde n'agisse & ne la detourne de la ligne droite, où les deux poids la veulent étendre : Ainsi cette impression, quelque violente qu'elle puisse être, ne sçauroit ôter au boulet l'action de sa pesanteur, par laquelle il se détourne de la ligne droite, où l'autre impression le veut porter.

LIV. II.
CHAP. IV.
Reponse à la
quatrième
objection.

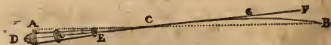
En effet de toutes les raisons qui sont à nôtre conoissance, il ny en a aucune qui détruise cette propriété de la nature : il faut pour la combattre avoir recours aux expériences comme on a fait dans la quatrième objection. Surquoy je diray premierement au sujet de celles que l'on rapporte des boulets de Canon qui tirez horizontalement mettent, comme on dit, beaucoup plus de temps à arriver à terre, qu'ils ne feroient s'ils tomboient seulement de leur poids de la hauteur de la bouche de la piece ; Que ces expériences sont extrêmement suspectes particulièrement en deux choses, dont l'une est pour ce qui regarde la justesse de la direction horizontale de la piece, & l'autre est au sujet de la conduite de la balle qui ne suit pas toujours précisément cette direction.

La plus part des Canoniers s'imaginent que leur Canon est pointé justement de but en blanc, lors qu'ayant remarqué quelque endroit opposé dans le niveau de leur piece, ils la pointent vers cet endroit en mirant au long du metal & font

LIV. II.
CHAP. IV.
Réponſe à la
quatrième ob-
jection,

enſorte que la ligne de leur veüe paſſant de la culaſſe au boulet, decouvre le but où il viſent : En quoy ils ſe trompent de beaucoup ; car le niveau de l'ame porte plus haut que cette mire, & fait par conſequent monter le boulet au deſſus de la ligne horizontale.

Comme ſi la piece A E eſt pointée vers un point dans le niveau de la piece comme B, enſorte que la ligne de la mire qui paſſe de la culaſſe A au haut du boulet E decouvre le but B ; il ne faut pas attendre que la balle marche au long de la droite horizontale A B , ſ'il eſt vray qu'il ſuive la direction de l'ame D E , parce qu'elle

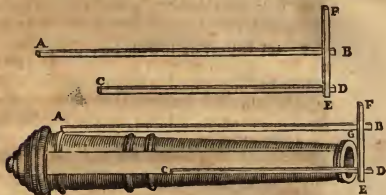


n'eſt point parallele à la droite du raz de metal A C à cauſe que le metal eſt plus foible à la volée ; Ce qui fait qu'elle porte le boulet vers F & le contraint de decrire la courbe E G B pour arriver au point B.

Je ſçay bien que ceux qui veulent pointer juſte ſelon la direction de l'ame de la piece ſervent d'une eſpece d'Equerre faite de trois regles bien droites A B , C D , F E diſposées deſorte que C D & F E étant attachées à angles droits, la regle A B ſe hauſſant & baiſſant au long de la regle F E , demeure toujours parallele à C D.

Car mettant CD dans l'ame de la piece & haussant ou baissant AB jusqu'à ce que le point A soit sur la mire de la culasse, la direction du point

LIV. II.
CHAP. IV.
Réponse à la
quatrième ob-
jection.



A par B sera la même que celle de l'ame ; De-
sorte que si l'on met quelque chose de stable
sur le bourlet en G qui reponde à la hauteur du
point B, l'on aura la ligne de mire AB parallèle
à celle de l'ame de la piece.

Mais je sçay aussi que lors que la piece est
pointée de cette maniere , il n'arrive jamais
qu'elle porte droit au but proposé dans la di-
stance de sa portée ordinaire de niveau , & qu'il
arrive au contraire que le boulet frappe beau-
coup plus bas.



mier coup se mettoient en pieces. Outre que leur longueur seroit inutile pour leur portée : Car le boulet ayant une fois reçu toute la force imprimée , seroit toujours porté à la même distance , soit qu'il sortit d'un Canon ou plus long ou plus court. Ce qui est contraire à l'expérience.

LIV. II.
CHAP. V.
Réflexion sur
le sujet de
l'Artillerie.

Ceci peut servir de regle pour la proportion que la longueur du Canon doit avoir avec son diametre , laquelle doit être disposée de telle maniere que la poudre de la charge y puisse être précisément allumée tout entiere au moment qu'il vient à en sortir : Car si le Canon est trop court , une bonne partie de la poudre sort avec le boulet sans faire effet , ainsi qu'il arrive souvent & principalement aux pieces qui sont échauffées : & si la piece est plus longue qu'il ne faut , en sorte que la poudre soit toute enflammée avant que le boulet soit arrivé à la bouche ; la force peut être considérablement diminuée par le frottement qu'il fait tout le long du haut de l'ame avant que de sortir.

Comme les Canons qui ont de la longueur ont plus de portée que ceux qui sont courts , à cause que le boulet , avant que de sortir , y donne temps à une plus grande quantité de poudre de s'allumer : l'on peut augmenter de beaucoup la force des Canons courts , en creusant des petits canaux tournez en forme de spirale

LIV. II.
CHAP. V.
Réflexions sur
sur le sujet de
l'Artillerie.

au dedans de leur ame & poussant avec violence sur la poudre une balle de plomb un peu plus grosse que le diamètre du Canon, afin qu'en sortant elle soit contrainte de suivre le contour des canaux de la spirale : Car par ce moïen la balle mettant autant de temps à sortir du Canon quoy que court, qu'elle mettroit à sortir d'un autre Canon qui seroit aussi long qu'un de ces canaux étendus ; Elle fera qu'il s'y allumera autant de poudre qu'il s'y en allumeroit dans l'autre, & que la force y sera également augmentée.

L'on peut encor donner beaucoup de force aux Canons courts en creusant en rond le fonds de leur culasse en forme de campane ou de cloche : car comme l'action de la poudre qui prend feu, se fait en rond de sphere & tout alentour, il n'y a que cette partie qui regarde la bouche de la piece qui pousse le boulet en avant, & celle qui regarde la culasse tombe dans le creux de la campane qui, étant à peu près fait de figure parabolique, la rassemble & la refléchit tout entiere avec la même velocity vers le boulet ; desorte qu'il ne se perd rien de l'action de la poudre, qui par ce moïen se trouve employée tout entiere sur le boulet. Au lieu qu'aux autres Canons le boulet ne ressent que cette partie de l'action de la poudre qui se porte directement en avant, la plupart du reste se perdant

dant sans effet sur le derriere & vers la culasse.

LIV. II.
CHAP. VI.
Suite de la réponse à la quatrième objection.

CHAPITRE VI.

Suite de la réponse à la quatrième objection.

MAIS pour retourner à nôtre sujet , l'on peut inferer de ce raisonnement que le boulet au sortir de la piece ne va jamais droit au but vers lequel elle est pointée , & qu'il se detourne notablement de la ligne de la direction en montant des le moment qu'il sort de la bouche ; car les grains qui sont les plus proches de la culasse s'allumant les premiers poussent par leur mouvement precipité non seulement le boulet , mais même les autres grains de la poudre , qui par leur propre pesanteur suivent le boulet au long du fonds de l'ame , où s'allumant l'un après l'autre , ils frappent quasi tous le boulet vers le dessous , qui n'étant pas de calibre , à cause du jeu qu'il doit necessairement avoir dans la piece , est élevé insensiblement vers le bord superieur de la bouche , contre lequel il frotte tellement en sortant qu'aux pieces qui ont beaucoup servi & dont le metal est un peu doux , l'on remarque un canal considerable que le boulet en sortant y a à la fin creusé par ce frottement.

LIV. II.
CHAP. VI.
Suite de la
réponse à la
quatrième ob-
jection.

Desorte que le boulet , comme il paroît de tout ce discours , n'étant jamais porté en ligne droite vers le but , quelque soin que l'on prenne de pointer la piece horizontalement , il ne faut pas s'étonner s'il employe plus de temps à monter & à descendre dans toute l'étendue de la courbe qu'il decrit , qu'il n'en mettroit à tomber seulement de son poids à la hauteur de la bouche de la piece.

Je joindray ici la même experience que le Pere Mersene rapporte dans sa balistique pour montrer que la nature fait toujours observer ses regles dans ses jets en la maniere que nous les avons expliquées. C'est celle que M^r Petit a faite autre fois au Havre de Grace avec une piece de 33 livres de balle , élevée huit toises sur le niveau de la campagne qui , pointée sous la direction de l'angle de 22 degrez , à chassé à la longueur de 1900 toises dans le temps de 20 ou 21 secondes. Car par le calcul on peut faire voir sur cette hypothese que la balle s'est élevée à la hauteur de près de deux cens toises au dessus du niveau de la batterie , & qu'il lui a fallu dix secondes pour monter à cette hauteur & près d'onze secondes pour en descendre. Où il paroît que la pesanteur de la balle , dans toute l'étendue de cette portée , a fait le même effet pour le mouvement uniformement acceleré , qu'elle auroit fait quand elle n'auroit point eu d'autre impression,

parcourant en descendant environ douze pieds en une seconde & le reste à proportion.

Je ne crois pas que l'on doive faire beaucoup de cas de l'expérience du jet du Dragon de Ruel rapportée par le Pere Mersene, pour le peu d'exactitude avec laquelle elle a été faite : Mais sur celles des arquebuses rayées, on peut dire que quand il seroit même véritable, ce que dit le même Auteur, qu'une balle porte juste de but en blanc à la longueur de cent toises en une seconde de temps; Il ne seroit pas malaisé de répondre que pour peu que l'on donât de latitude à ce qu'il appelle de but en blanc, son expérience se trouveroit entièrement conforme à nos hypothèses. Il ne faut que supposer que la direction de l'arquebuse ait été seulement d'un demi degré ou de 35 minutes au plus, au dessus de la ligne horizontale, dont il est impossible de reconnoître la différence à la veüe, ou que la balle par l'impression du feu de la poudre ait été portée suivant cette direction : car par ce moyen l'on peut voir par le calcul qu'elle se sera élevée dans le milieu de sa course à la hauteur perpendiculaire de trois pieds; ce qui suffit pour employer une demi-seconde de temps pour arriver en montant à cette hauteur & autant pour en descendre, conformément aux loix naturelles du mouvement uniformement accéléré.

Que si l'on dit, comme il y grande apparence,

Aaa ij

LIV. II.
CHAP. VI.
Suite de la réponse à la quatrième objection.

LIV. II.
CHAP. VI.
Suite de la té-
pente à la qua-
trième obje-
ction.

que la vitesse de la balle sortant d'une arquebuse rayée est beaucoup plus grande, puisqu'à la longueur de plus de cent cinquante pas elle est presque égale à celle du son qui fait douze cens toises de chemin en sept secondes, c'est à dire peu moins de cent toises en une demi seconde de temps : il faudra beaucoup moins de deviation de la direction horizontale ; Et il suffira que la balle dans le milieu de sa course s'élève seulement à la hauteur perpendiculaire de neuf pouces pour faire quadrer le mouvement de sa pesanteur aux loix de la nature que nous avons expliquées. Auquel cas il est moralement impossible que l'on puisse conoître la difference d'un jet de cette nature & de celui qui seroit purement horizontal.

Quoy que tout ce que je viens d'expliquer fasse assez conoître, que ce que l'on dit contre nôtre hypothese au sujet de la composition des deux mouvemens, dont l'un est égal & l'autre est uniformement acceleré, n'est pas capable de la détruire ; Je ne voudrois pas néanmoins m'opiniâtrer à soutenir aveuglément, que par ceme-lange il n'arrive jamais aucune mutation ni a l'un ni a l'autre. Car bien qu'il fut veritable que la pesanteur ne soit jamais oisive & qu'elle agisse toujours également sur un corps, soit qu'il soit en repos, soit qu'il soit emporté de quelque rapidité que ce puisse être ; il ne s'en-

fuit pas pour cela que les espaces qu'elle lui fait parcourir sur les perpendiculaires soient toujours les mêmes dans les mêmes temps, quoy que peut-être ils soient toujours dans les mêmes proportions.

LIV. II.
CHAP. VI.
Suite de la réponse à la quatrième objection.

Nous voïons dans nôtre air & dans le mouvement ordinaire des corps qui sont autour de nous, qu'un poids tombant parcourt environ trois pieds huit lignes & demie au commencement de sa chute dans le temps d'une demi seconde & environ douze pieds deux pouces dix lignes dans celui d'une seconde entiere, & ainsi du reste en faisant les espaces proportionels aux quarrés de temps. Mais qui peut nous assûrer que dans un air beaucoup plus élevé ou plus abaissé vers le centre de la Terre, plus pesant ou plus léger, ou même agité d'une autre maniere que le nôtre, un corps en tombant ne parcoure pas un espace plus grand ou moindre que celui de trois piedshuit lignes & demi, dans la premiere demi seconde du temps de sa chute, & que les autres espaces dans la suite de leur mouvement soient entr'eux en proportion des quarrés des temps.

Et si l'air, comme nous le voyons par les experiences admirables du Barometre, ne pese jamais plus que lors qu'il est le plus pur, le plus serain & le moins agité; comme au contraire il ne paroît jamais plus léger que lors qu'il est

LIV. II.
CHAP. VI
Suite de la ré-
ponse à la
quatrième ob-
jection,

battu des vents ou chargé de nuages épais , lesquels y font apparament des mutations qui , pour nous être inconnues , ne laissent pas de suspendre en quelque maniere l'effet de sa pesanteur naturelle : Pourquoi ne pourrions nous pas , par la même raison , presumer que la violente rapidité de l'impression que le feu de la poudre communique à un boulet de Canon , ne puisse au sortir de la piece interrompre l'effet ordinaire de sa pesanteur ; Et faire que les espaces qu'il parcourt sur les perpendiculaires dans le commencement de son mouvement , ne soient pas si grands qu'ils seroient , si le boulet n'avoit point d'autre impression que celle de sa gravité , quoyque ces espaces fussent toujours dans la proportion des temps du mouvement ?

Quoy qu'il en soit néanmoins , cette difference ne sçauroit tout au plus faire autre effet sur la ligne de projection des mobiles , que de les rendre peut être un peu plus droites au commencement de leur course qu'il ne faudroit pour être exactement paraboliques , ainsi que Galilée la fort bien remarqué : sans que pour cet effet les proportions de leurs étendus suivent la difference de leurs directions , & suivant les nombres qui leur sont assignez dans les tables que nous avons proposées cy - devant , se trouvent aucunement altérées.

CHAPITRE VII.

Réponse à la cinquième objection.

LIV. II.
CHAP. VII.
Réponse à la
cinquième
objection.

L'ON ne sçauroit apporter trop de rigueur à l'examen des propositions de cette partie de Mathématique que l'on appelle Pure, c'est à dire de celle qui considère la quantité absolument détachée de la matiere. Et c'est en ce sens qu'il faut prendre cette belle maxime d'Aristote qui dit, *qu'il est également impertinent d'exiger des demonstrations dans les raisonnemens de l'Orateur & de se rendre aux raisons probables & vray semblables du Mathématicien.*

Mais on ne doit pas avoir tant de severité pour celles qui sont tirées de la Mathématique que l'on appelle Mixte, dont le sujet est la quantité compliquée & attachée à la matiere ; parce qu'étant pour la plupart fondées sur des principes de Physique, dans la considération desquels l'esprit humain se confond environné de renebres épaisses : il ne faut pas s'étonner s'il ne les débrouille que sur des conjectures, & s'il ne les appuie que de raisons tirées de ses experiences.

Il croit beaucoup faire en ces matieres, si les principes qu'il établit n'ont rien d'absurde, s'ils sont conformes aux manieres ordinaires d'agir

LIV. II.
CHAP. VII.
Réponse à la
cinquième ob-
jection,

de la nature, c'est à dire s'ils sont simples, aisez & débarassez, s'ils servent à expliquer tout ce qui se fait sur ce sujet & si l'on ne peut pas tirer, de leur position, aucune conséquence impertinente ou impossible.

En effet l'on n'a rien à reprocher en un système de Physique, lors que toutes ces conditions se rencontrent dans ses hypothèses; Et c'est ensuite à la Mathématique à en tirer les conséquences nécessaires, dont les démonstrations ne doivent pas être moins rigoureusement examinées que celles de la Mathématique pure; parce que le même art qui sert à la Géométrie à former ses conclusions sur les premiers principes que la Métaphysique lui fournit, sert aussi à la Mécanique à prouver ses propositions par les principes posés sur les hypothèses Physiques.

C'est donc sur ce pied qu'il faut examiner les diverses définitions que l'on donne à l'accélération du mouvement des corps qui tombent, & voir si étant uniforme elle se fait de telle sorte que le mobile acquiert à tous les momens égaux de sa chute des degrez égaux de vitesse suivant le sentiment de Galilée que nous avons posé pour fondement de toute cette doctrine, ou si c'est accroissement de velocity se fait à proportion des espaces que le mobile parcourt en tombant, ainsi que d'autres l'ont crû.

CHAPITRE VIII.

Raisons de Galilée pour montrer que la vitesse du Corps qui tombe ne s'accroît pas à proportion des espaces.

LIV. II.
CHAP. VIII.
Raisons de
Galilée pour
faire voir que
la vitesse du
corps qui
tombe ne s'ac-
croît pas à
proportion
des espaces.

GALILÉE assure d'abord que cette dernière opinion enferme une absurdité, & que pour être véritable il faudroit que le mouvement de la chute des corps se fit en un instant. Car posant, comme il dit, que le mobile parcourre en tombant l'espace AB ; s'il est vray qu'étant divisé comme en C , la vitesse acquise au point C soit à la vitesse acquise au point B , comme l'espace AC est à l'espace AB : l'on pourra dire que l'espace AB sera parcouru dans le même temps que l'espace AC ; car toutes les fois que les espaces sont entr'eux comme les vitesses du mobile qui les parcourt, les espaces sont parcourus dans les mêmes temps. Or il ne se peut faire, que la toute AB soit passée dans le même temps que sa partie AC , ailleurs que dans le mouvement qui se fait en un instant; il est donc faux de dire que les vitesses s'accroissent à proportion des espaces parcourus.

Mais ce raisonnement quoy que vray, comme

Bbb

A
|
 C
|
 B

LIV. III. —
CHAP. VIII.
Raisons de
Galilée pour
faire voir que
la vitesse du
Corps qui
tombe ne s'a-
croît pas à
proportion
des espaces,

on dit, dans la matiere, est paralogistique dans sa forme. Car cette proposition, par laquelle il dit que les espaces sont parcourus en même temps lors qu'ils sont entr'eux en même proportion que les vitesses, est claire d'elle même dans le mouvement égal & uniforme : Mais elle peut être absolument niée dans le mouvement accéléré ; nonobstant mêmes toutes les raisons dont Gassendi se sert pour la confirmer, lesquelles quoy que veritables & ingenieuses, n'ont pas entierement l'obscurité de cette position.

CHAPITRE IX.

Raisons de Gassendi au même sujet.

CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet.

IL est bien plus sûr pour détruire cette opinion de se servir des raisonemens que le même Gassendi rapporte dans ses Epitres contre le Pere le Cazre Jesuite & contre un certain Michel Varron, qui est apparament le premier qui la produite sur la fin du siecle passé, & de montrer qu'il s'ensuit plusieurs absurdités si l'on dit que les vitesses s'augmentent à proportion des espaces.

Car l'on peut premierement faire voir sur cette hypothese que le mouvement peut être continuellement accéléré sans qu'il soit aucune-

ment uniforme, ce qui est peu conforme aux loix de la Nature. Il ne faut que prendre deux lignes AB & AC se

LIV. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet.

rencontrant en A à tel angle que l'on veut comme BAC, & une troisième DE, qui faisant avec les deux autres les angles CAD, BAE égaux, soit entendue descendre au long des mêmes AB, AC demeurant toujours parallele a elle-



même : car si la droite AB étant divisée en parties égales comme aux points F, G, K, l'on prend ces mêmes parties pour la mesure des espaces parcourus par la chute d'un mobile ; les lignes FH, GI, c'est à dire les portions de la droite DE comprises entre les deux AB, AC, pourront être prises pour mesures des vitesses acquises, en sorte que FH soit la vitesse acquise lors que le mobile a parcouru l'espace AF, GI, celle qu'il a après avoir passé l'espace AG, & ainsi des autres ; Et par ce moyen les vitesses s'augmenteront suivant la proportion des espaces. Maintenant si nous posons que l'espace AF ait été parcouru par exemple dans le temps d'une

Bbb ij

LIV. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet,

minutte d'heure, au bout de laquelle le mobile sans interruption de mouvement employe une heure entiere à passer le second espace FG, & le troisieme espace GK en moins d'une seconde, & enfin le quatrieme KB dans le temps d'un jour entier. Je ne crois pas que l'on puisse dire que le mouvement de ce mobile, qui se fait si inegalement pour le temps dans toute l'etendue de sa chute AB, est uniforme quoy qu'il soit toujours continu; Et cependant il est conforme à la definition, la vitesse en quelque endroit que l'on la prenne étant à la vitesse comme l'espace passé est à l'espace; Car la droite KL qui mesure la vitesse acquise en K, est toujours à la droite BC qui mesure celle que le mobile a acquise en B, comme l'espace AK est à l'espace AB; & la vitesse en I marquée par GI est à la vitesse en F marquée par HF, comme l'espace AG est à l'espace AF, quelque difformité qu'il y puisse avoir dans la suite de ce mouvement.

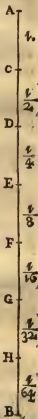


L'origine de tout le mal vient de ce que dans

cette définition du mouvement uniformement accéléré, il n'est point parlé du temps, sans qui néanmoins on ne peut rien distinguer dans les vitesses, dont à bien parler il fait le caractère essentiel : car lors qu'elles sont seulement comparées aux espaces, il est naturel de dire que la vitesse qui passe un grand espace est plus grande que celle qui n'en parcourt qu'un petit, quoy que cette dernière comparée au temps du mouvement puisse être infiniment plus grande que l'autre.

C'est ce qui donne lieu d'inferer comme une conséquence nécessaire de cette position que le mobile doit parcourir un espace infini en un moment : car prenant pour la mesure de la chute d'un mobile un espace comme A B divisé en parties égales aux points C, D, E, F, &c. Si l'on entend que le mobile ait parcouru le premier espace A C dans un certain moment de temps ; Il est constant que la vitesse en D étant double de la vitesse en C comme l'espace A D est double de l'espace C D, il ne faudra pour passer l'espace C D que la moitié du temps qu'il a fallu pour passer A C. Par la même raison la vitesse en E étant double de la vitesse en D comme l'espace C E est double de D E, l'espace D E sera

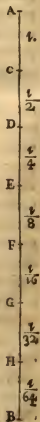
L. IV. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet.



LIV. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet.

passé dans la moitié du temps qu'il a fallu pour passer CD c'est à dire dans le quart de celui de AC. Ainsi EF se passera dans la moitié du temps de DE, c'est à dire dans la huitième partie du temps de AC, & FG dans la seizième partie du même premier temps AC : & ainsi du reste à l'infini en continuelle progression sous-double. Mais toutes Ces fractions $\frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \&c.$ ne composent un moment entier égal au premier que dans l'infini : Posant donc que l'espace AC ayant été parcouru dans un moment, il s'ensuit que le mobile parcourra un espace infini dans le temps d'un second moment égal au premier.

Si l'on dit que les vitesses dans chaque espace ne doivent pas être comparées à celle de l'espace immédiatement precedent, mais bien à tous les espaces passez depuis le commencement de sa chute, enforte que celle du second espace soit double de celle du premier, celle du troisième triple, celle du quatrième quadruple &c. Il sera toujours vray de dire si le premier espace est parcouru dans un certain temps, qu'il ne faudra que la moitié de ce temps pour passer le second espace où la vitesse est double de celle du premier, & un tiers



du même temps pour passer le troisième espace où la vitesse est triple, & un quart pour le quatrième comme la vitesse est quadruple, un cinquième au cinquième, un sixième au sixième, & ainsi des autres. Desorte qu'ajoutant ces fractions comme $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ qui font un peu plus d'un moment entier de temps égal au premier, pendant que le mobile passe le second, le troisième & le quatrième espace. Et celles-ci $\frac{1}{3} : \frac{1}{6} : \frac{1}{7} : \frac{1}{8} : \frac{1}{9} : \frac{1}{10} : \frac{1}{11}$: Qui font encore un peu plus d'un moment entier égal au premier, pendant quoy le mobile passe le cinquième, le sixième, le septième, le huitième, le neuvième, le dixième, & l'onzième espace & ainsi des autres; Nous pourrons dire que le mobile parcourant un de ces espaces au premier temps, il passera un peu plus de trois espaces suivants au second temps, & peu plus de sept espaces au troisième, & par la même raison plus de vingt espaces au quatrième, plus de cinquante deux au cinquième, plus de huitante quatre au sixième, & ainsi à l'infini suivant la progression de ces nombres 1:3:7:10:52:84: Qui est près de la triple & fort éloignée de celle qui se voit par l'expérience dans la chute des corps.

L'expérience même que le Pere le Cazre rapporte pour confirmer son opinion, l'a détruit & sert principalement à établir celle de Galilée. Prenés, dit-il, une balance dont un des bassins

LI. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Gassendi au
même sujet.

LIV. II.
CHAP. IX.
Raisons de
Galilée au
même sujet.

soit posé sur une table & l'autre en l'air ; Et laissez tomber dans celui-ci une balle de plomb : Vous verrez que tombant de la hauteur d'un de ses diamètres , elle élèvera le double de son poids mis dans l'autre bassin , & le triple si elle tombe de la hauteur de deux de ses diamètres , comme le quadruple si elle tombe de trois fois sa hauteur , & ainsi des autres. D'où il s'ensuit que les percussions étant les mêmes que les vitesses , & celles-la étant proportionnées aux espaces parcourus par la chute du mobile , les vitesses seront aussi comme les espaces.

Mais cette experience est fautive ; Et une balle de plomb tombant de la hauteur d'un de ses diamètres n'élèvera pas seulement le double de son poids , mais plus de six ou sept fois autant. Et ce qui est de plus remarquable , c'est qu'ayant déterminé ce que cette balle peut élèver tombant d'une certaine hauteur : si l'on veut qu'elle en élève le double , il faut la faire tomber du quadruple de la même hauteur ; & pour en élèver le triple , la hauteur de sa chute doit être neuf fois plus grande que celle de la première , & seize fois plus grande pour élèver le quadruple du premier poids & ainsi du reste ; Ensorte que les hauteurs soient toujours en raison doublée de celle des poids. Ce qui sert à confirmer la définition de Galilée , ainsi que nous dirons cy-après.

CHAP. X.

CHAPITRE X.

Un mobile en tombant acquiert à chaque moment un nouveau degré de vitesse.

LIV. II.
CHAP. X.
Un mobile
en tombant
acquiert à cha-
que moment
un nouveau
degré de vi-
tesse.

Nous pourrions tirer mille autres conséquences absurdes de cette position, aussi-bien que de toutes les autres de la même nature : comme de celles qui veulent que le mobile parcoure des espaces dans les temps égaux en raison double ou triple &c. ; dont la fausseté se conoit par l'expérience. Mais pour ne point nous arrêter plus long temps inutilement sur cette matiere, nous allons expliquer les raisons qui servent à établir la définition de Galilée, & faire voir qu'elle à seule toutes les conditions qui nous ont cy-devant paru nécessaires à un Principe de Physique : c'est à dire, qu'elle n'a rien d'absurde ; Qu'elle est conforme aux loix ordinaires de la nature, étant simple, uniforme, aisée ; Et que tout ce qui arrive au mouvement accéléré des corps qui tombent, peut-être facilement expliqué par son moyen, sans que de sa position l'on puisse tirer aucune conséquence impossible ou impertinente.

Galilée après avoir dit qu'il n'y a rien de plus uniforme, de plus facile ny de plus conforme aux manieres ordinaires de la nature, que de dire

Ccc

LIV. II.
CHAP. X.
Un mobile
en tombant
acquiert à cha-
que moment
un nouveau
degré de vi-
tesse.

au sujet de l'accélération du mouvement des corps qui tombent , *Qu'un mobile en tombant acquiert en tous les momens égaux de sa chute, des degrez égaux de vitesse ;* Et après avoir supposé par forme de *Petition* (qui a depuis été démontrée par Torricelli ,) *Que le mobile en tombant sur des plans diversement inclinez acquiert un même degre de vitesse par tout , où il y a même hauteur perpendiculaire :* Il fait voir qu'il suit nécessairement de sa définition que les espaces , que le mobile parcourt , sont entr'eux en raison doublée des temps qu'il employe à les parcourir ; Ensorte que l'espace qu'il parcourt en deux temps , est quadruple de celui qu'il a passé dans le premier temps , & celui qu'il parcourt en trois temps , est neuf fois plus grand que le même. D'où il arrive que ces espaces parcourus dans des temps égaux se suivent , à commencer du point de repos , en continuelle progression des premiers nombres impairs 1 : 3 : 5 : 7 : 9 : &c. Ensorte que si le mobile passe un espace au premier temps , il en parcourra trois au second , cinq au troisième , sept au quatrième , neuf au cinquième , & ainsi des autres : Ainsi que nous l'avons expliqué cy-devant.

CHAPITRE XI.

*Prouvé par diverses experiences.*LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par di-
verses expe-
riences.

ET comme par l'experience que Galilée propose ensuite de ce raisonnement, il paroît que les mouvemens des corps qui tombent, observent exactement ces proportions ; il conclut hardiment, par une espece de demonstration, que l'on appelle dans les Ecoles à *posteriori*, que sa definition est veritable.

Voici son experience. Dans une piece de bois de la longueur de dixhuit ou vingt pieds & de la largeur de neuf ou dix pouces en un sens & de trois pouces en l'autre, j'ay, dit-il, fait creuser dans toute l'étendue de la piece un canal d'un pouce de largeur sur le côté le plus étroit, que j'ay fait tirer le plus droit & le plus uni qu'il a été possible, colant même au dedans du parchemin tres-fin & bien lissé afin d'y pouvoir faire librement couler une balle de bronze parfaitement ronde & polie. Puis élevant cette piece de bois plus ou moins pour lui donner diverses inclinations, j'ay remarqué le temps juste que la balle employoit à descendre tantôt dans toute la longueur, tantôt dans la moitié, dans le quart, dans d'autres de ses différentes parties : & des experiences repetées plus de cent fois en tous les cas, il s'est toujours trouvé

LIV. II.
CHAP. XI
Prouvé par di-
verses expe-
riences.

que les espaces parcourus en toutes sortes d'inclination , étoient entr'eux comme les quarez des temps de leur passage ; Et que les temps de la chute suivant les diverses inclinations, étoient en raison sous-doublée & reciproque de leurs hauteurs perpendiculaires, ainsi que nous l'avons dit cy-devant ; sans qu'il y soit jamais arrivé la moindre chose au contraire.

Et pour être parfaitement assuré de la mesure du temps: Ayant , dit-il , fait attacher en haut un grand vaisseau plein d'eau avec un thuyau très-fin soudé au fond , par lequel il découloit un petit filet d'eau , l'on la recevoit avec grand soin dans un verre pendant le passage de la balle ; puis la pesant dans la dernière justesse avec une balance très-exquise , l'on conoissoit par la difference des poids de l'eau , la difference des temps que la balle employoit à parcourir ses differens espaces. Et cela avec tant de précision que les temps de la chute dans toutes ces observations repetées infinies de fois , ne se sont jamais trouvez avec une difference qui fut sensible dans un même cas.

Nous pouvons joindre à ceci les experiences qui se sont faites depuis Galilée par Gassendi , par le Pere Merfene & par d'autres ; Et particulièrement celle que l'on a faite au long d'un mur de quarante huit pieds de haut marquées par des lignes bien conoissables à la hauteur premiere-

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expe-
riences.

ment de vint-un pieds à commencer du pied de la muraille, puis à celle de Quinze pieds au dessus, puis de neuf & enfin à celle de trois pieds : & ayant premierement considéré qu'un corps qui tombe passe un espace de trois pouces dans le temps d'une demi seconde qui se trouve souvent égal à un battement d'artere; l'on a vû par une experience repetée plusieurs fois que laissant tomber une balle assez grosse de toute cette hauteur de Quarante huit pieds, si elle se trouvoit precisement au droit de la premiere marque en descendant de la hauteur de trois pieds au premier battement d'artere ou d'une pendule de neuf pouces de longueur, elle repondoit justement vis à vis de la seconde marque en descendant de la hauteur de neuf pieds au second battement, & vis à vis de la troisième marque en descendant de la hauteur de Quinze pieds au troisième battement, & qu'enfin elle touchoit à terre après être descenduë de vint-un pieds au quatrième. D'où vient que si nous prenons les premiers 3 pieds pour le premier espace parcouru dans le premier temps; Le second espace de 9 pieds sera triple du premier au second temps; Le troisième de 15 pieds au troisième temps sera quintuple; Et enfin le quatrième de 21 pieds au quatrième temps sera septuple; Et ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs.

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expe-
riences,

Ainsi appliquant par un bout, au bas du diamètre perpendiculaire d'un grand cercle décrit sur une muraille, une regle bien droite creusée dans sa longueur, comme celle dont Galilée s'est servi dans son expérience, & haussant l'autre bout en toutes sortes d'inclination au long de la circonférence du cercle; Si on laisse tomber deux balles dans un même temps, l'une de l'extrémité supérieure du même diamètre perpendiculaire & l'autre dans le canal de la regle, du point où elle touche la circonférence en quelqu'angle d'élevation que ce puisse être; Elles se trouveront toutes deux ensemble précisément au même temps à terre.

Ceci se confirme par divers autres effets de de la nature qu'il est malaisé de bien expliquer par autre voye que par cette supposition. Ce que nous avons dit, par exemple, de l'expérience du P. le Cazre, c'est à dire d'une balle de plomb qui, tombant d'une certaine hauteur dans le bassin d'une balance & élevant un certain poids mis dans l'autre bassin, doit tomber d'une hauteur quadruple de la première si l'on veut qu'elle élève le double du premier poids, & d'une hauteur 9 fois plus grande pour élever le triple, & 16 fois plus grande pour le quadruple, 25 fois pour le quintuple. Et ainsi des autres, en sorte que les hauteurs soient toujours en raison doublée des poids.

Cela, dis je, ne peut pas être facilement entendu, si l'on ne dit que la différence des poids élèvez marque la différence des percussions de la balle tombant dans le bassin : & ces percussions n'étant différentes qu'à proportion des vitesses acquises par la chute du mobile, comme les différentes hauteurs ne sont que les espaces que le mobile parcourt pour les aquerir ; il s'ensuit que les espaces parcourus sont entr'eux en raison doublée ou comme les quarréz des vitesses acquises, conformément à la définition de Galilée.

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expériences.

Celle-ci est encore de la même nature. Prenez un tuyau debout dans lequel il y ait de l'eau qui demeure toujours à une certaine hauteur comme à celle d'un pied, & recevez celle qui en decoule pendant un certain temps par un petit trou comme d'une ligne de diametre creusée dans le fond du tuyau, (qui soit par exemple d'une demi livre d'eau dans le temps de 13 secondes.) Si vous voulez en avoir deux fois autant c'est à dire une livre qui coule dans le même temps & par le même trou, il faudra que l'eau soit toujours dans le même tuyau à la hauteur de 4 pieds, à celle de 9 pieds si l'on veut en avoir le triple ou une livre & demie, & de 16 pieds pour le quadruple ou pour deux livres, & ainsi du reste en sorte que les hauteurs de l'eau dans le tuyau, soient toujours comme les quar-

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expe-
riences.

rez des poids de l'eau qui s'écoule dans un même temps.

Or comme la difference de la quantité de l'eau qui passe par un même trou en même temps, ne vient que de la differente vitesse avec laquelle elle s'écoule ; Et comme cette difference de vitesse ne provient que de la quantité de l'eau qui pese au dessus & qui se fait sentir à proportion de sa hauteur dans le tuyau : il paroît que ces mêmes hauteurs sont entr'elles en raison doublée des vitesses qu'elles impriment à l'eau de dessous ; lesquelles étant les mêmes que celles que l'eau auroit acquises en tombant des mêmes hauteurs , c'est à dire en parcourant les mêmes espaces ; il s'ensuit toujours que les espaces parcourus sont entr'eux en raison doublée des vitesses.

Si le tuyau étant plein jusqu'au sommet vous laissez écouler toute l'eau par le même trou, vous verrez avec plus de facilité que les espaces que l'eau parcourt en diminuant dans le tuyau dans des temps égaux se suivent en progression des nombres impairs. Comme si le tuyau étant de trois pieds de haut ou de 36 pouces, vous remarquez que l'eau descende de la hauteur d'onze pouces en trois battemens d'artere ou d'une pendule , elle descendra précisément de 9 pouces , puis de 7 , puis de 5 , de 3 , & enfin de la dernière hauteur d'un pouce. Et toujours dans
le

le même temps de trois battemens ; conformément à la nature du mouvement expliquée par Galilée.

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expe-
riences.

Or pour montrer que l'eau qui pèse dans le tuyau imprime à celle du fond, la même vitesse qu'elle auroit acquise si elle étoit tombée de la hauteur où sa surface supérieure se trouve dans le même tuyau : il ne faut que faire en sorte que l'eau sortant par le fonds puisse remonter à la même hauteur de cette surface supérieure, (si l'air & les autres empêchemens de dehors ne lui ôtoient rien de sa vitesse,) ainsi qu'elle feroit si c'étoit un corps solide & qui pût être réfléchi, lequel en tombant de la même hauteur auroit acquis un degré de vitesse capable de le faire remonter au lieu d'où il seroit parti.

Attachez deux cordes de même longueur & grosseur sur une ligne horizontale à un mur comme à la hauteur de trois pieds, les faisant soutenir sur un appui parallèle au mur à la même hauteur ; faites pendre à chacune à l'autre bout un poids égal, comme d'une livre, qui les tienne l'un & l'autre en situation horizontale mollement, mais également bandées & parallèles entr'elles. Ensuite les tirant toutes deux ensemble horizontalement par leur milieu, laissez les aller en même temps, & vous verrez pre-

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par di-
verses expe-
riences.

micrement qu'elles feront diverses allées & venues horizontales qui seront toutes dans des temps égaux soit dans le commencement ou dans la fin de leur mouvement. Cela posé : si vous voulez que les vibrations de l'une, comme de la première, se fassent deux fois plus vite que celles de la seconde, en sorte que celle - la en fasse deux dans le temps que celle - ci n'en fera qu'une ; il ne faut que bander la première deux fois plus que la seconde en lui attachant un plus grand poids : & ce poids pour cet effet ne doit pas être seulement de deux livres c'est à dire double du premier poids que nous avons supposé d'une livre, mais bien de quatre livres ou quadruple, & de 9 livres si l'on veut que les vibrations soient triples, de 16 livres si on les veut quadruples, & ainsi des autres ; en sorte que les poids soient toujours en raison des Quarrés des vitesses des vibrations.

Or comme cette différence de poids pour produire cette différence de vitesses, fait le même effet qu'un même poids qui tomberoit de différentes hauteurs : il paroît que ces hauteurs étant proportionnées au poids seroient toujours entr'elles en raison doublée des vitesses.

Toutes ces expériences font voir cette admirable uniformité de la nature dans ses actions, qui se rencontrent par tout si conforme à la position de Galilée : A quoy nous allons encore

ajouter l'expérience des pendules. Attachez en haut des cordes de différentes longueurs avec des poids pendans au bout ; enforte néanmoins que les longueurs soient comme les nombres quarréz 1, 4, 9, 16, &c. Comme si celle de la première est d'un pied, que la seconde soit de 4 pieds, la troisième de 9 pieds, la quatrième de 16 pieds, &c. : Puis éloignant les poids de leur position de repos, c'est à dire de la perpendiculaire, laissez les aller toutes en même temps ; Et vous verrez que les vibrations ou allées & venues de la plus petite ou de celle d'un pied, iront quatre fois plus vite que celles de la plus grande de 16 pieds, trois fois plus vite que celles de 9 pieds, & deux fois plus vite que celle de 4 pieds ; c'est à dire que dans le temps que la pendule de 16 pieds fera une de ses vibrations celle de 4 pieds en fera deux, & celle d'un pied en fera quatre ; Et dans le temps d'une des vibrations de celle de 9 pieds, celle d'un pied en fera trois ; Et cela dans une justesse admirable, enforte que les nombres des vibrations soient toujours entr'eux en raison doublée des longueurs des cordes.

Pour bien entendre ceci : supposant que la corde *AF* où pend le poids *F* soit quadruple de la corde *AB* où pend le poids *B* ; l'arc *FG* sera quadruple de *BC* & *FH* de *BD* ; Ainsi la droite *IH* qui est la hauteur perpendiculaire

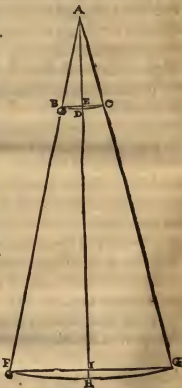
Ddd ij

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expe-
riences.

que le poids F parcourt en descendant de F en H, sera quadruple de la droite ED qui est la hauteur perpendiculaire parcourüe par le poids B descendant de B en D. Maintenant comme on sçait par l'experience que les vibrations de la pendule B sont doubles de celle de la pendule F, le temps du passage de F en H sera égal au temps du passage de B en C, c'est à dire double du tems du passage de B en D :

Mais dans le temps du passage de F en H, le mobile F à parcouru l'espace perpendiculaire I H quadruple de l'espace perpendiculaire E D que le mobile B à parcouru dans le temps du passage de B en D; Il paroît donc que les espaces parcourus par les mobiles sont entr'eux en raison doublée des temps de leur passage.

Ces mêmes espaces sont aussi comme les quar-



rés des vitesses des mêmes mobiles: car le poids F parcourant l'espace FH dans le même temps que le poids B parcourt l'espace BC; & l'espace FH étant double de l'espace BC, (car il est quadruple de BD:) il s'ensuit que la vitesse du poids F est double de la vitesse du poids B, & qu'elle est par conséquent à la vitesse du poids B en raison sous doublée de l'espace perpendiculaire HI qu'il parcourt, à l'espace perpendiculaire ED parcouru par le poids B.

LIV. II.
CHAP. XI.
Prouvé par
diverses expériences,

L'on peut encore montrer par une autre expérience que la vitesse du poids F est seulement double de la vitesse du poids B, quoy que la longueur de la corde AF soit quadruple de la longueur AB: il ne faut que mettre une balle en H sur une regle horizontale, en sorte que la balle qui pend en F la puisse frapper bien à plein en tombant de F en H; Et un autre au point D qui puisse recevoir l'impression de la balle B tombant de B en D; car faisant l'expérience avec soin & supposé que les balles soient égales par tout, on trouvera que la balle en H sera chassée deux fois plus loin que la balle en D, & trois fois plus loin si la corde AF étoit neuf fois plus longue que AB, & quatre fois si elle étoit seize fois plus longue, & ainsi des autres.

LIV. II.
CHAP. XII.
Raisonnemens
de Balian au
même sujet.

CHAPITRE XII.

Raisonnemens de Balian au même sujet.

JE ne veux pas oublier que Balian Sénateur de la République de Genes dans son livre du mouvement, qui a paru dans le même temps que celui de Galilée, se sert de l'expérience des pendules pour démontrer ce que Galilée tire en conséquence de sa définition ; c'est à dire que les espaces parcourus par un mobile tombant sont entr'eux en raison doublée des temps qu'il emploie à les parcourir.

Pour cet effet il suppose. 1. Que l'on peut prendre dans la circonférence d'un cercle un arc tellement petit qu'il ne sera point différent de sa tangente au moins sensiblement, & que ce que l'on dira de l'un pourra être entendu de l'autre sans erreur.

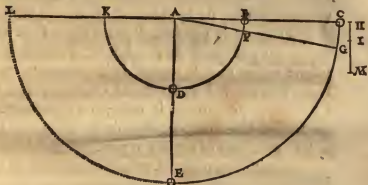
2. Que le mouvement des pendules dans leur commencement n'est point différent du commencement de celui des corps qui tombent.

3. Que les temps du passage de deux pendules par des arcs semblables & semblablement posés, sont entr'eux comme les temps de leurs vibrations entières, c'est à dire en raison sous-doublée des longueurs de leurs cordes.

4. Et qu'enfin une ligne droite étant prise, de

quelque grandeur qu'elle soit , on peut trouver un cercle tellement grand , que cette droite sera la tangente d'un arc qui n'en sera point sensiblement different.

LIV. IV.
CHAP. XII.
Raisonnement
de Galilée au
même sujet.



Tout ceci s'explique par cette figure , où la droite AC est horizontale & AE perpendiculaire à l'horizon , les pendules sont D & E pendant en A aux deux cordes AD , AE : il dit premièrement que dans le cercle BFD décrit par la pendule D élevée jusqu'à l'horizontale AB , l'on peut prendre un arc tellement petit à commencer du point B , qu'il ne différera point sensiblement de la ligne droite , qui au même point B seroit tangente du même arc : Et comme cette tangente seroit perpendiculaire à l'horizon ; il s'ensuit en second lieu , que le mouvement du poids de la pendule B par ce petit arc ne sera point different du mouvement du même

LEV. II.
CHAP. XII.
Raisonnement
de Balian au
même sujet.

poids B qui tomberoit librement par cette tangente. En troisième lieu si l'on mène du point A la droite AFG qui coupant la circonférence BD en F & CE en G, fasse les arcs BF, CG semblables & semblablement posez à l'égard du commencement de la chute: il dit que le temps du passage de la pendule B par l'arc BF est au temps du passage de la pendule C par CG en même raison que le temps de la vibration entière BDK est à celui de la vibration CEL c'est à dire, comme il se voit par l'expérience, en raison sous-doublée de celle de la ligne AD à AE. Soit enfin l'arc BF si petit qu'il ne diffère point sensiblement de sa tangente qui soit HI;



Il est constant que si l'on fait que le rayon AB soit à un autre comme AC, ainsi que la droite HI est à un autre droite HM de quelque grandeur qu'elle puisse être, l'arc CG dans la circonférence

ference de ce grand cercle ne sera point différent sensiblement de la droite HM qui en sera la tangente, comme HI est la tangente de l'arc BF ; Et ce que l'on dira de l'arc CG pourra être entendu de la droite HM sans aucune erreur. Cela posé, il fait ce Theoreme.

Les espaces parcourus par un mobile tombant à commencer du point de repos, sont entr'eux comme les Quarrez des temps que le mobile employe à les parcourir.

Soient, dit il, deux espaces HI & HM parcourus par un mobile tombant du point de repos H . Je dis que la droite HI est à HM comme le carré du temps que le mobile employe à passer l'espace HI , est au carré du temps de son passage par HM . Soit AB demi-diametre d'un cercle tellement grand que l'arc comme BF , dont la tangente au point B sur l'horizontale AC est égale à HI , soit si petit à l'égard de toute la circonference, qu'il ne soit point différent sensiblement de la perpendiculaire HI ; Et comme HI est à HM ainsi le rayon AB soit à un autre comme AC , dont la circonference sera par conséquent si grande que l'arc CG coupé par la droite AF continuée, sera aussi tellement petit à l'égard de toute la circonference qu'il ne differera point sensiblement de sa tangente, laquelle sera égale à HM & perpendiculaire au point C . Il n'y aura donc point, par la seconde
Ecc

LIV. II.
CHAP. XII.
Raisonnement
de Balian au
même sujet.

supposition, de difference entre le mouvement de la pendule B par l'arc BF & celui du poids tombant librement du point B par la tangente perpendiculaire égale à HI, ny entre le mou-



vement de la pendule C par l'arc CG & celui du poids tombant de C par la tangente perpendiculaire & égale à HM ; & le temps de l'un sera égal au temps de l'autre. Or comme les arcs BF, CG sont semblables & semblablement posés, le temps du passage de B par l'arc BF est par la troisième supposition, au temps du passage de C par l'arc CG, comme le temps de la vibration entière BDK est au temps de la vibration CEL : & ces temps étant par l'expérience en raison sous doublée des longueurs des cordes AB, AC ; il s'ensuit que le temps du mobile tombant par la perpendiculaire HI est au temps de son passage par la perpendiculaire

HM, en raison sous-doublée des longueurs AB, AC. Mais AB par la construction est à AC comme HI est à HM ; Donc HI est à HM comme le quarré du temps du mobile tombant par HI est au quarré du temps de son passage par HM.

LIV. II.
CHAP. XII.
Raïsonemens
de Balian au
meme sujet,

CHAPITRE VIII.

Raïsonemens de Monsieur Hugens.

MONSIEUR Hugens dans son livre des horloges à pendules a voulu demontrer ce que Galilée prend pour principe dans sa definition , disant dans sa premiere proposition de la chute des poids , *qu'en temps égaux il s'accroit au corps qui tombe des parties égales de vitesse*, Et pour le demontrer voici comme il argue.

CHAP. XIII.
Raïsonemens
de Mr Hugens.

Posons qu'un mobile tombant du point A passe au premier temps l'espace AB, & qu'arrivant en B il y ait aquis un degré de vitesse qui lui fasse parcourir , au second temps d'un mouvement égal , un autre espace comme BD. Or nous sçavons que l'espace qui doit être parcouru au second temps, doit être plus grand que BD, parce que cet espace seroit parcouru cessant même toute action de la pesanteur : Mais comme le mobile est porté d'un mouvement composé du mouvement égal par lequel il passeroit l'es-

Ecc ij

LIV. II.
CHAP. XIII.
Raisonnemens
de Mr Hu-
gens.

pace BD & de celui des poids qui tombent par lequel il est nécessaire qu'il soit porté en bas par l'espace DE égal à AB; Ajoutant donc à BD l'espace DE égal à AB, nous savons que le mobile au second temps arrivera en E.

Mais si nous cherchons, dit-il, Quelle est la vitesse que le mobile doit avoir en E à la fin du second temps, nous trouverons qu'elle est double de celle qu'il avoit en B à la fin du premier. Car nous avons dit qu'il étoit emporté d'un mouvement composé du mouvement égal avec la vitesse acquise en B & de celui qui lui vient de sa pesanteur, lequel au second temps étant absolument le même qu'au premier, doit dans le cours du second temps conferer au mobile une vitesse égale à celle qu'il lui a imprimée dans la fin du premier temps. Partant comme le mobile a conservé entierement la vitesse acquise à la fin du premier temps, il paroît qu'il a dans la fin du second temps deux fois c'est à dire le double de cette même vitesse.

Voilà la demonstration dans les mêmes termes que j'ay traduits du latin, dans laquelle la maniere de raisonner à quelque chose qui fait peine; Car il ne paroît pas bien que nous sachions, comme il dit, qu'il est nécessaire que le mobile au second temps soit porté par le mouvemens

A
B
D
E

F
G

H
K

de sa pesanteur au long de l'espace DE égal à l'espace AB qu'il a passé dans le premier temps ; à moins que l'on ne pose que le mouvement des graves est uniforme , & l'on ne voit pas clairement que ce mouvement qui lui vient de sa pesanteur soit , comme il dit , absolument le même au second temps qu'au premier , ni qu'il doive conferer au mobile dans le cours du second temps une vitesse égale à celle qui lui a été imprimée à la fin du premier , si l'on ne suppose le principe de Galilée , c'est à dire que le mobile en tombant acquiert dans les temps égaux de sa chute des degrez égaux de vitesse. Qui est pourtant ce qu'il falloit demontrer.

LIV. II.
CHAP. XIII.
Raisonnemens
de Mr Hugen.

Cette defectuosité dont je viens de parler n'est que dans la forme du syllogisme , & elle n'ôte rien à la verité de l'hypothese , sur laquelle il demontre fort bien , (supposé que la vitesse en E au second temps , soit double de la vitesse en B , & celle que le mobile a acquise en G au troisième temps triple de la même ,) Que les espaces BD , EF , GH étant parcourus d'un mouvement égal , l'espace EF passé avec la vitesse en E est double de l'espace BD passé avec la vitesse en B , & l'espace GH passé avec la vitesse en G triple du même espace BD , & ainsi du reste.

Ensuite il fait voir que l'espace passé dans un certain temps par un mobile tombant du point

LIV. II.
CHAP. XIII.
Raisonnemens
de Mr Hu-
gens.

de repos, est la moitié de celui qu'il passeroit d'un mouvement égal en même temps & avec la vitesse acquise au dernier moment de sa chute : c'est à dire que l'espace BD passé d'un mouvement égal au second temps avec la vitesse acquise en B, est double de l'espace AB passé dans le premier temps par le mobile tombant du point de repos A. Car comme les espaces parcourus dans les quatre premiers temps égaux sont AB, BE, EG, GK qui ont entr'eux une certaine proportion ; si nous prenons les double des mêmes temps, en sorte que nous ayons pour premier temps, les deux pendant lesquels le mobile a parcouru les deux espaces AB, BE, & pour second les deux autres pendant lesquels les deux espaces EG, GK ont été passés. Il faut que les deux espaces AE, EK parcourus dans des temps égaux par le mobile tombant du point de repos A, soient entr'eux comme les espaces AB, BE qui sont aussi passés dans des temps égaux partant du même point de repos A ; Et en changeant que BE ou son égal DA soit à AB comme EK à AE, & en divisant DB à AB comme EK moins AE est à AE. Mais EK étant égal à cinq DB & deux AB, & AE égal à BD & deux AB ; EK moins AE sera égal à quatre DB ; Et partant DB est à AB ou quatre DB à quatre

A
B
D
E
F
G
H
K

AB, comme quatre DB est à DB & deux AB; donc DB est égal à deux AB.

LIV. II.
CHAP. XIII.
Raisonnemens
de Mr Hugens.

D'où il s'en suit que les espaces parcourus dans des temps égaux à commencer du point de repos, sont entr'eux comme les Quarrez des temps de leur chute ou comme les quarrez des vitesses acquises. Car puisque les espaces AB, BE, EG, GK passez dans des temps égaux, se surpassent l'un l'autre d'un même excez qui est égal à BD; Il paroît que BD étant double de AB, l'espace BE sera triple du même; Et EF étant double de BD, EG sera quintuple de AB; Ainsi GH étant triple de BD, GK sera septuple du même AB & ainsi des autres dans la suite des premiers nombres impairs 1:3:5:7:9: &c. qui sont les differences des premiers quarrez.

CHAPITRE XIV.

Suite de la réponse à la cinquième objection.

L'ON pourroit maintenant dire avec quel-
que raison que tout ce que nous venons
d'expliquer pour établir nôtre hypothese sur la
nature du mouvement des corps qui tombent
suivant le sentiment de Galilée, peut également
convenir à celle qui veut que l'accroissement
de vitesse se fasse suivant la progression des si-
nus versés, supposé, comme il a été dit cy-de-

CHAP. XIV.
Suite de la ré-
ponse à la cin-
quième ob-
jection.

LEV. II.
CHAP. XI V.
Suite de la ré-
ponse à la cin-
quième obje-
ction.

vant , que ces deux opinions soient de telle nature qu'elles ne puissent être convaincuës de faux par les expériences que nous pouvons faire. Et qu'ainsi la difficulté en la cinquième objection reste toujours en son entier à cet égard , par laquelle il est dit que suivant cette dernière hypothese , la figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection des corps se trouveroit fort altérée & toutes les conséquences que l'on en tire.

Mais il est tres facile d'y repondre , en niant seulement la consequence de la proposition : car quand il seroit même veritable que l'accroissement de vitesse dans le mouvement des corps qui tombent , se fit suivant la proportion des sinus versés ; La figure parabolique que l'on donne à la ligne de la projection ne s'en trouveroit pas pour cela si fort altérée , que l'on n'en pût tirer les mêmes conséquences ; puisque la courbe décrite par le mobile tombant suivant cette hypothese , seroit tellement conforme dans son commencement à nôtre ligne parabolique , que tout ce que nous avons dit , de celle-ci pourroit être hardiment prononcé de l'autre , sans craindre de faire aucune erreur qui put devenir sensible dans des projections vingt fois plus grandes que celles qui se font ordinairement parmi nous.

Outre que cette opinion des sinus versés ,
quelque

quelque ingenieuse qu'elle soit, est suspecte par ses conséquences : Parceque ce qui suit de cette hypothese, (supposant le mouvement de la Terre,) qu'un mobile en tombant arriveroit au centre en six heures de temps, se trouve peu conforme aux suites de nos experiences par lesquelles nous sçavons qu'un corps qui tombe, parcourt peu plus de deux toises dans le temps d'une seconde. Car si nous faisons que comme le sinus versé d'une seconde est au sinus total, ainsi l'espace de deux toises parcourus pendant une seconde est à un quatrième proportionel, c'est à dire au demi-diametre de la terre ; Nous trouverons plus de vingt-quatre millions de toises pour la longueur de ce demi - diametre, que nous sçavons neanmoins n'en avoir pas plus de trois millions.

LIV. II.
CHAP. XIV.
Suite de la réponse à la cinquième objection.

CHAPITRE XV.

Réponse à la sixième objection.

Nous pouvons répondre à la sixième objection ce que dit Galilée & que nous avons expliqué cy - devant dans la réponse à la quatrième objection ; c'est à dire en exceptant des regles de nôtre Theorie les effets prodigieux que le feu de la poudre imprime aux balles d'artillerie, dont la vitesse est, dit il, surna-

CHAP. XV.
Réponse à la sixième objection.

LIV. II.
CHAP. XV.
Réponse à la
sixième ob-
jection.

relle ; Et avouant comme lui , que la ligne que décrit la balle d'un mousquet est , au moins dans son commencement , plus droite qu'il ne faut pour être parabolique , & qu'elle ne seroit en effet si l'impression n'étoit pas si violente : Ce qui peut être cause que la portée de but en blanc & celles qui se font avec peu d'élévation sur l'horizontale , sont plus grandes qu'elles ne sont marquées dans les tables. Mais comme cela n'arrive pas aux autres projections , & principalement à celles des Bombes , qui ne sont pas poussées avec tant de violence , & dont les tirs les plus ordinaires se font sur des angles de plus grande élévation : nous n'avons pas sujet de nous plaindre de ces petites exceptions , qui ne nuisent point du tout au dessein principal de cet Ouvrage , lequel n'est fait que pour faciliter les pratiques de l'artillerie qui sont communes & ordinaires parmi nous.

Ce n'est pas que l'expérience rapportée dans cette objection ne soit suspecte, c'est à dire celle d'un mousquet qui , chassant à toute volée à la longueur de 360 toises , porte de but en blanc à celle de 100 toises ; ce qui ne devrait arriver suivant les tables qu'à l'élévation de huit degrés. Car dans toutes ces sortes d'expériences , il y a un concours de tant de causes différentes qui peuvent altérer la précision des effets , que le plus souvent ce que l'on impute à l'une dépend

de l'autre, & même de celle à laquelle on n'aura point fait de reflexion.

LIV. II.
CHAP. XV.
Réponse à la
sixième obje-
ction.

Ainsi l'on peut dire dans celle-ci par exemple, Que la plus grande portée que l'on determine à 360 to., est ici beaucoup moindre qu'elle ne devoit être, parce qu'ayant plus de chemin à faire que les autres, elle trouve plus d'obstacle par la résistance du milieu: & que la violence de l'agitation de l'air, que celle de la balle lui imprime en passant, suspend peut-être en quelque maniere l'effet de sa pesanteur & lui donne par ce moyen plus d'étendue de portée dans les petites élévations.

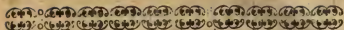
Outre que ces tirs de but en blanc, quelque précaution que l'on prenne, s'élèvent toujours au dessus du niveau du but, tant parce que mirant au long du mousquet qui est plus fort de métal à la culasse qu'à la bouche, la direction de l'ame se trouve élevée de quelques degrez, que par la raison que nous avons apportée cy-devant de l'action de la poudre qui, s'enflammant successivement sous la balle, la fait hausser considérablement. De sorte que si l'on assemble toutes ces causes & d'autres encore que nous ne connoissons pas: Ne peut on pas dire que pensant tirer horizontalement, il arrive souvent que la balle est portée notablement en haut, & même jusqu'à l'élévation de sept ou huit degrez, dont il n'est pas si facile de reconnoître la difference, & bien

LIV. II
CHAP. XV.
Réponse à la
sixième ob-
jection.

moins encore de distinguer la cause à laquelle on la doit imputer. *

Ce qui fait que je crois que l'on peut assurer avec beaucoup d'apparence de raison que la nature agissant toujours d'une manière, les coups de mousquet dans leurs portées ne sortent point des règles qu'elle a établies pour tous les autres corps jettez ; & que lors qu'il se trouve de la différence dans l'exécution, cela vient ordinairement du faux jugement que nous faisons de la direction de la balle & de l'estime de sa véritable portée.





LIVRE TROISIE'ME.

LIV. III.

Confirmation de la même doctrine par les experiences.

CHAPITRE PREMIER.

Explication d'une experience du Pere Mersene.

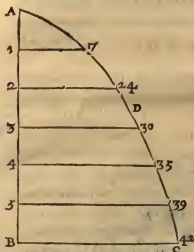
VOICI l'experience d'un jet d'eau tirée des Hydrauliques du P. Mersene par laquelle, voulant montrer que la resistance de l'air altere beaucoup la ligne Parabolique que l'eau devoit decrire par sa chute, il dit qu'ayant marqué sur une muraille une ligne droite à plomb comme AB divisée en parties égales aux points 1, 2, 3, 4, &c., le jet d'eau ADC partant du point A & razant la même muraille, s'éloignoit dans la distance de la premiere de ces parties à la longueur horizontale de dixsept pouces; à la seconde de vingt quatre pouces; à la troisième de trente; à la quatrième de trente cinq; à la cinquième de trente neuf: à la sixième de quarante deux: dont les quarez, dit-il, ne sont pas entr'eux comme les parties de la droite AB qui leur repondent, ainsi qu'ils devroient être, si ces nombres étoient les ordon-

CHAP. I.
Explication
d'une experience
du Pere
Mersene par
un jet d'eau.

LIV. III.
CHAP. I.
Explication
d'une expe-
rience du Pere
Merfene par
un jet d'eau.

nées d'une ligne parabolique ADC dont l'axe est la droite AB & le sommet au point A.

Ensuite il s'embarasse dans des reflexions de Geometrie, assez subtiles, mais qui ne font rien



1	17	17	17 $3\frac{1}{2}$
2	24	24 1	24 6
3	30	29 6	30
4	35	34	34 8
5	39	38	38 9
6	42	41 8	42 5

au sujet, sans s'appercevoir que ces nombres ne sont pas tant éloignez qu'il dit de nôtre hypothese. Car si l'on suppose qu'à la premiere partie la premiere ordonnée

soit, comme il dit, de dixsept pouces; la seconde suivant nôtre Theorie doit être de vingt-quatre pouces & une ligne; la troisième de vingt-neuf pouces six lignes; la quatrième de trente quatre pouces; la cinquième de trente huit, & la sixième de quarante & un pouces huit lignes. Où l'on voit que les differences des nombres qu'il pose & de ceux que demande la ligne parabolique sont si petites, qu'il y a raison de douter de la justesse de son calcul; outre qu'il y a

peu d'apparence que les ordonnées se trouvent si justes en nombres entiers & même plus grands sur la fin qu'ils ne devroient être, quand même il n'y auroit point de resistance dans l'air, laquelle devoit bien plutôt en diminuer l'étendue que l'augmenter. Ce qui me fait croire que le jet d'eau s'élargissant, comme il dit, en forme d'ellipse à mesure qu'il s'éloigne du point de sa chute, il a pris pour la fin de ses ordonnées l'étendue des gouttes les plus éloignées au lieu de celle du milieu. Si l'on pose que la troisième des ordonnées soit justement de trente pouces, les différences n'en seront pas si grandes; comme l'on voit par les nombres de la table dont les premiers sont ceux de l'expérience du Pere Mersene; les seconds sont ceux qui devroient être, supposé que la première ordonnée fut de dixsept pouces; & les derniers, supposé que la troisième ordonnée fut de trente pouces. Et par tout on voit que le jet d'eau suit assez exactement la ligne de notre hypothese, c'est à dire la parabolique.

LIV. III.
CHAP. I.
Explication
d'une expérience
du Pere
Mersene par
un jet d'eau.



LIV. III.
CHAP. II.
Première ex-
périence faite
à l'Académie
Royale des
Sciences par
M^r Mariote.

CHAPITRE II.

*Première expérience faite à l'Académie Royale des
Sciences par Monsieur Mariote.*

MONSIEUR Mariote après avoir fait di-
verses expériences particulières des jets
d'eau, en a fait voir une dans l'Académie Royale
des Sciences qui convient précisément à la Theorie
de Galilée. Ayant fait élever un tonneau plein
d'eau à la hauteur de sept ou huit pieds, percé
dans le fond par un tuyau perpendiculaire de
six pieds de long & d'environ deux pouces de
diamètre, avec un ajutoir ou robinet perpen-
diculaire & un autre incliné suivant l'angle de
45 degrez : il a fait voir que l'eau, sortant par
deux robinets en même temps, faisoit deux jets
dont le perpendiculaire étoit toujours moindre
de quelques pouces que la hauteur de l'eau con-
tenuë dans le tonneau, & l'autre s'étendoit au
loin, en sorte néanmoins que sa longueur ho-
rizontale étoit toujours double de la hauteur du
jet perpendiculaire ; l'un & l'autre diminuant
avec une admirable uniformité à mesure que
l'eau du tonneau se vuidoit, & conservant tou-
jours cette proportion double du grand jet à
la hauteur de petit.

Les autres expériences qui se sont faites &
repetées

repetées plusieurs fois dans la même Academie, & même à l'Observatoire en présence de Monseigneur le Dauphin, ne permettent pas que l'on puisse douter davantage de la verité de notre supposition, à laquelle elles se sont trouvées conformes en tous les cas avec autant de precision & de justesse que l'on sçauroit attendre des experiences humaines.

LIV. III.
CHAP. II.
Premiere experience faite à l'Academie Royale des Sciences par Mr Mariotte.

CHAPITRE III.

Seconde experience faite à l'Academie Royale des Sciences, par la machine de Monsieur Perrault.

ET sans parler de celles que j'ay faites en mon particulier avec de l'eau, avec un arc, une arbaletre, un arc à jalet, un trebuchet fait à l'imitation des Balistes des Anciens; & même avec un pistolet chargé toujours également & de même poudre, (quoy qu'elles ayent toutes reüssi assez juste;) j'expliqueray seulement celles cy qui ont été faites publiquement, dont la premiere est par le moyen de cette Machine de l'invention de Mr Perrault.

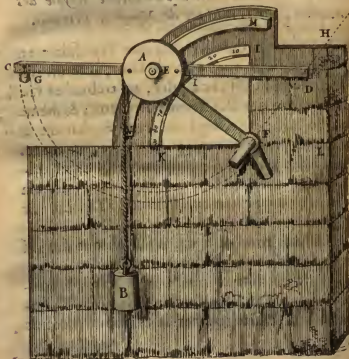
CHAP. III.
Seconde experience faite à l'Academie Royale des Sciences par la Machine de Mr Perrault.

C'est une roüe ou tambour A autour duquel est roulée la corde qui porte le poids B, la barre CD passe derriere le tambour & elle est attachée à son pivot E, en sorte que le poids B, faisant par sa chute tourner le tambour, donne

Ggg

LIV. III.
CHAP. III.
Seconde ex-
perience faite
à l'Academie
Royale des
Sciences par
la Machine de
M^r Perroult.

aussi le mouvement à la barre, qui decrivant l'arc de cercle CF & frappant contre un autre pivot solide & bien attaché au point F, fait partir la balle G, avec la vitesse que le mouvement du poids lui imprime suivant le direction de la droite FH qui touche l'arc CF au point F. Ce pivot au point F est posé au centre du quart de cercle IK situé verticalement & divisé en 90 degrez à commencer du haut de la perpendiculaire IF; & le tambour A peut tourner dans le creux MN sur le même centre F par le



moïen de la barre ou rayon AF, afin de pouvoir donner tel degré d'élevation que l'on veut au jet de la balle : Car posant la barre AF sur le degré proposé du quart de cercle, & attachant le tambour en cette situation par le moïen d'une viz & d'un écrouë qui est derrière la rouë, en sorte qu'il y soit ferme ; l'angle LFH de la direction de la balle est le même que l'angle IFA de l'inclination de la Machine. Par ce moïen amenant le bout D de la barre CD au dessus du pivot F, le poids tombant lui fera faire un demi tour en toutes sortes de situation : Et partant l'impression sera toujours la même ; & la difference des portées ne viendra que de la difference des angles de position. L'on pourroit lui faire faire un tour entier & augmenter par ce moyen la force de l'impression, en ôtant la queue AD de la barre CD, & amenant le point C au dessus du point F.

Cette reflexion m'ayant fait dire à M^r Pettault que sa machine, étant assez forte, pourroit avoir son utilité à jeter des Grenades & des petites Bombes dans les logemens des Ennemis, lors qu'on en est assez prez ; Il m'a donné le dessin d'une autre machine qu'il a faite, à l'imitation des Catapultes antiques, laquelle peut être de tres grand usage & dont je parleray cy après.

LIV. III.
CHAP. III.
Seconde expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par la Machine de M^r Pettault.

LIV. III.

CHAP. IV.

Troisième ex-

perience faite

à l'Académie

Royale des

Sciences par

le moyen du

vis-à-vis.

CHAPITRE IV.

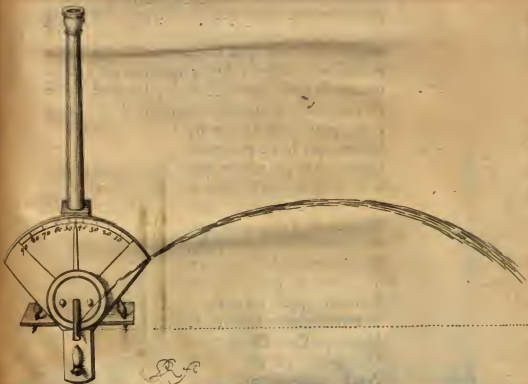
Troisième expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vis-à-vis.

LA difficulté que j'avois trouvée dans les expériences que j'ay faites avec de l'eau , qui s'épanoïit sur la fin du jet en forme d'ellipse , & se resout même en gouttes menues lors que le jet est un peu long ; me fit penser qu'une liqueur sur qui l'air ne pourroit point agir avec tant de force , seroit plus propre à nous déterminer : & faisant reflexion que le vis-à-vis est quatorze fois plus pesant que l'eau ; Je proposay d'en faire l'expérience à Messieurs de l'Académie Royale des sciences , qui donnerent ordre à M^r Römer de l'exécuter ; ce qu'il a fait par le moyen de cette machine.

C'est un tuyau de bois de vint six pouces de hauteur & de huit ou neuf lignes de diamètre , fermé par le bout inférieur au moyen d'un robinet attaché au tuyau avec une peau d'anguille pour pouvoir sûrement contenir le vis-à-vis & se mouvoir en toutes sortes de position. L'œil du robinet n'est que d'une demi-ligne , & l'on peut lui donner tel angle d'elevation que l'on veut par le moyen d'un quart de cercle situé verticalement au long du tuyau.

Tout cet appareil est posé sur un auget horizontal bien poli & divisé dans sa longueur, qui est de quatre à cinq pieds, en pouces, lignes & demi lignes avec beaucoup de justesse, afin de pouvoir juger précisément de la longueur des portées par la chute du vis argent dans cet auget : & pour plus de précaution, l'on a mis de bout une carte teinte en noir sur le même auget

L IV. III.
CHAP. IV.
Troisième expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vis argent.



LIV. III.
CHAP. IV.
Troisième ex-
périence faite
à l'Académie
Royale des
Sciences par
le moyen du
vif argent,

dans toute sa longueur, & de la hauteur du tuyau, sur laquelle on a marqué, avec tout le soin possible, le cours entier des paraboles du vif argent en plusieurs élévations différentes, pendant que dans son passage il razoit la carte de fort près.

Sur cette preparation le tuyau ayant été rempli à la hauteur de vint-quatre pouces & deux lignes avec du vif argent bien épuré : l'on a premièrement remarqué que lors que le robinet est mis perpendiculairement vers le haut, le vif argent ne rejallit qu'à la hauteur de vint-deux pouces trois lignes ; Quoy que suivant l'inclination de deux degrez & demi, il monte à celle de vint-deux pouces huit lignes & demi. D'où l'on peut necessairement inferer que le jet perpendiculaire AB ne monte pas à la hauteur qu'il devoit AD, tant à cause de la resistance de l'air, ainsi que nous l'avons dit cy-devant, que parce que les gouttes en B, tombant sur celles qui viennent après, les arrêtent & interrompent la force de leur impression Ce quin'arrive point au jet incliné ACE où les gouttes en C



ne retombent point vers A , & n'alterent rien à l'impression de celles qui les suivent. Ce qui fait que l'on peut sûrement prendre pour la véritable hauteur du jet perpendiculaire celle de vingt-deux pouces neuf lignes.

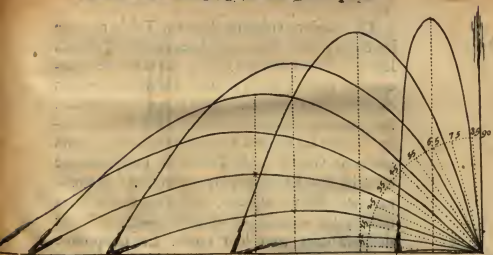
LIV. I. II.
CHAP. IV.
Troisième expérience faite à l'Académie Royale des Sciences par le moyen du vif argent.

Voici les longueurs & les hauteurs des portées du vif argent en diverses élévations , tirées de la Table noire sur laquelle les paraboles entières ont été decrites , & verifiées par la repetition de plusieurs expériences tant à l'Académie Royale des Sciences qu'à l'Observatoire , & même en présence de MONSIEUR LE DAUPHIN.

La hauteur du vif argent dans le tuyau au dessus de l'œil du robinet : 24 pouces 2 lignes.

Le diamètre de l'œil peu moins de $\frac{1}{2}$ l.

La hauteur du jet perpendiculaire 22 p. 2 l.



LIV. III.
CHAP. IV.
Troisième ex-
périence faite
à l'Académie
Royale des
Sciences par
le moyen du
vif argent.

T A B L E

deg.	AMPLITUDES.				HAUTEURS.			
	vrayes		selon le calcul.		vrayes		selon le calcul.	
	Pouc.	lign.	Pouc.	lign.	Pouc.	lign.	Pouc.	lign.
0								
5	7	10	7	10 $\frac{1}{2}$	0	2	0	2
15	22	7	22	9	1	8	1	6 $\frac{1}{2}$
25	34	7 $\frac{1}{2}$	34	10	4	2	4	1
35	42	4 $\frac{1}{2}$	42	9	7	6	7	6
45	45	3 $\frac{1}{2}$	45	6	11	5	11	4 $\frac{1}{2}$
55	42	9	42	9	15	3 $\frac{1}{2}$	15	3
65	34	10	34	10	18	8 $\frac{1}{2}$	18	8
75	23	0	22	9	21	2 $\frac{1}{2}$	21	2 $\frac{1}{2}$
85	7	10	7	10 $\frac{1}{2}$	22	6 $\frac{1}{2}$	22	7
90	0		0		22	9	22	9

La premiere colonne de cette Table marque les degrez des differentes elevations sur lesquels les experiences ont été faites. La seconde marque en pouces & en lignes, l'étendue des jets du vif argent mesurez sur la ligne horizontale. La troisieme marque les amplitudes des paraboles suivant les mêmes elevations calculées sur les tables de Galilée & de Torricelli. La quatrième est celle des hauteurs perpendiculaires des mêmes jets du vif argent, mesurées sur la carte noire, sur laquelle ils ont été soigneusement dessinez dans tout leur cours. La cinquieme
marque

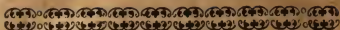
marque les hauteurs des mêmes jets calculées sur les Tables de Galilée & de Torricelli.

LIV. III.
CHAP. IV.
Troisième ex-
perience faite
à l'Académie
Royale des
Sciences par
le moyen du
vis argent.

Où l'on voit en general que l'experience est tellement conforme à la Theorie que leur plus grande difference ne monte pas à la centième partie de l'étendue du jet; ce qui doit être bien plutôt attribué à quelqu'une des causes que nous avons expliquées cy-devant, qu'à aucun défaut de l'hypothese. D'autant plus que les portées qui se font autour du sixième point de l'équerre, c'est à dire aux environs de l'angle demi-droit, qui sont les plus ordinaires pour les jets des Bombes, sont les plus justes & les plus proches de celles que l'on trouve par le calcul.

Il est à remarquer dans cette experience que le filet du vis argent, mêmes aux jets les plus obliques & les plus inclinez à l'horizon, est plus gros quatre fois que n'est l'œil du robinet d'où il sort; ce qui vient, peut être, de la disposition des parties qui composent le vis argent, qui dans leur sortie par l'œil du robinet se trouvent comprimées & resserrées par le poids du liquide qui est au dessus dans le tuyau, & se remettent dans leur état ordinaire aussi tôt qu'elles ont la liberté de le faire dans l'air; d'où l'on pourroit inferer en quelque maniere, que ces parties font une espeece de ressort entr'elles. Mais ce n'est pas ici le lieu de discourir à fond sur cette matiere.

Hhh



LIV. IV.
Résolution des
difficultez de
la pratique du
jet des Bom-
bes.

LIVRE QUATRIÈME.

*Résolution des difficultez de la pratique du jet
des Bombes.*



PRE'S avoir examiné les raisons qui sembloient devoir entièrement détruire la Theorie que nous avons supposée dans tout ce discours, il ne reste plus maintenant à résoudre les difficultés que l'on peut proposer contre la Pratique, à laquelle on donne ordinairement ou trop ou trop peu.

CHAPITRE PREMIER.

*Première objection. La Theorie n'est point nécessaire
pour les pratiques de la Guerre.*

CHAP. I.
Première ob-
jection. La
Theorie n'est
point neces-
saire pour les
pratiques de
la Guerre.

CAR la plus grande partie de ceux qui font profession de porter les armes, mêmes des Officiers & particulièrement de ceux qui n'ont pas été cultivez par l'étude des lettres dans leur jeunesse, disent hardiment qu'il ne faut que de la pratique pour la Guerre; Que c'est un métier qui ne s'apprent point dans les livres ny par les regles; Que ceux qui n'ont que de la Theorie se trouvent bien empêchez à prendre leur parti

dans l'action ; & que cet appareil d'étude de Mathématique ne sert le plus souvent qu'à donner de la presumption. Que sur le fait dont il s'agit , la haute capacité de ceux qui servent maintenant le Roy dans l'Artillerie , & même dans l'Art de jetter les Bombes , qui se trouve presentement au plus haut point où l'on sçau-
roit humainement parvenir , marque suffisamment qu'il est fort inutile de vouloir les charger de cette quantité de preceptes & d'operations de Mathématique si difficiles à comprendre & à mettre en œuvre ; puisque par le bon sens & par la seule pratique , ils executent ponctuellement ce qui leur peut être proposé sur cette matiere , sans être assujettis à aucunes regles ny de mesures ny de calcul.

LIV. IV.
CHAP. I.
Premiere ob-
jection. La
Theorie n'est
pas necessaire
pour les prati-
ques de la
Guerre.

CHAPITRE II.

Seconde objection. Les inégalités de la matiere empêchent dans la Pratique les effets des regles de la Theorie.

LEs autres au contraires assurent , que bien que ces regles puissent avoir quelque justesse dans la Theorie ; Elles ne sçauroient néanmoins reussir dans la Pratique , à cause des irregularitez & des inegalitez qui se trouvent dans la matiere sur laquelle elles doivent être appli-

CHAP. II.
Seconde ob-
jection. Les
inégalités de
la matiere em-
pêchent dans
la Pratique
les effets des
regles de la
Theorie.

Hhh ij

LIV. IV.
CHAP. II.
Seconde ob-
jection. Les
inégalités de
la matiere em-
pêchent dans
la Pratique les
effets des re-
gles de la
Theorie.

quées , & qui ne peut jamais être si heureuse-
ment maniée qu'elle ne corrompe presque tou-
jours les effets des operations les mieux conçûes
& les plus soigneusement executées.

En effet il est, disent ils, malaisé de compren-
dre que l'impression, que la Bombe ou le bou-
let reçoit par le feu du mortier ou du Canon
dans chaque coup, soit toujours la même, com-
me il faut néanmoins qu'elle soit necessairement
pour tirer quelque utilité de la doctrine du jet
des Bombes; & que cette force ne change point
se servant de tant de sortes de poudres si diffé-
rentes en leur composition & en leurs effets. Qui
ne sçait que la même poudre, c'est à dire celle
qui est faite de la même composition, fait ef-
fort à proportion de ce qu'elle est plus grosse
ou plus menuë grenée, qu'elle est plus humide
ou plus seiche, plus nouvelle ou plus vieille? &
qui peut assurer que par le poids ou par la me-
sure, la charge soit toujours la même; & qu'il
y ait même quantité de poudre en tous les coups
dans la piece ou dans la chambre du mortier?
y ayant plus de poudre dans un même poids
quand elle est seiche que quand elle est humi-
de, & plus de poudre menuë grenée que de
poudre à gros grains dans une même mesure!

Quel changement n'arrive-t-il pas à l'étenduë
des portées par la seule difference des manieres
de charger la piece ou le mortier? comme lors

que la bombe est posée (comme on dit) à nud sur la poudre, ou lors que la chambre est bouchée d'un tampon poussé à force; si la poudre est fort ou peu battue; si elle s'allume par tout également ou à reprises; si la piece ou le mortier est échauffé ou s'il est froid; si elle recule ou si elle ne sort point de sa place? Et qui peut dire que l'on a pointé la piece ou le mortier dans la précision qu'il doit être, quelque soin que l'on y ait pris & quelque justes que puissent être les instrumens dont on se sert?

Qui peut répondre que l'ame de la piece ou du mortier soit parfaitement droite, égale & bien arrondie au dedans? Que la bombe y convienne précisément, & qu'elle soit parfaitement ronde? Que la ligne qui fait l'axe de la chambre du mortier étant continuée rencontre précisément le centre de la bombe, afin que l'action de la poudre embrazée se fasse uniformément autour de sa circonference & ne lui donne pas plus d'impression d'un côté que d'autre? Que la bombe étant chargée ait un même centre de grandeur & de pesanteur? Que le plan de la batterie soit égal, également fort, uni, & parfaitement de niveau? Que le mortier soit si bien monté sur son affût que l'axe de ses tourillons traverse celui de l'ame & soit toujours parallèle à l'horizon? & mille autres particularités de cette nature, dont la moindre est capa-

LIV. IV.
CHAP. II.
Seconde objection Les
inégalités de
la matiere empêchent dans
la Pratique
les effets des
regles de la
Theorie.

LIB. IV.
CHAP. II.
Seconde objection. Les inégalités de la matiere empêchent dans la Pratique les effets des regles de la Theorie,

ble d'alterer la direction de la balle & de rendre par consequent inutiles toutes les ingenieuses precautions de la Theorie; Et que sera-ce enfin si toutes ou la plus part y concourent par leur irregularité?

Voila , ce me semble , ce que l'on peut apporter contre le dessein de ce livre au sujet de la pratique; A quoy il faut essayer de satisfaire, ainsi que nous avons fait aux difficultez proposées contre la Theorie.

CHAPITRE III.

Réponse à la premiere objection.

CHAP. III.
Réponse à la premiere objection,

AINSI je diray à ceux qui donnent tout à la Pratique, qu'il est vray qu'elle est tres-necessaire en tous les Arts , & particulièrement à la Guerre ; où l'on ne devient ordinairement habile que par un long usage & par une suite d'observations faites avec grande application & jugement ; & où ceux qui n'ont que de la Theorie se peuvent trouver empêchez à l'abord & jusqu'à ce qu'ils se soient reconûs , & qu'ils aient appris à distinguer les temps & les lieux ou les regles, qu'ils ont apprises , peuvent être employées utilement. Mais qu'il est aussi tres-faux de dire que la Theorie leur soit inutile ; puis qu'il n'y a rien de plus certain que cette Prati-

que judicieuse & appliquée, dont je viens de parler, ne contribue jamais mieux à perfectionner un homme de Guerre, que lors qu'elle est fondée sur une étude solide de preceptes. Et sans m'amuser à rechercher de grands raisonnemens pour appuyer cette pensée, ny à faire un grand denombrement des fautes considerables où tombent tous les jours ceux qui sont pourvus du secours des regles, lors qu'ils se trouvent dans des rencontres extraordinaires: il suffit de dire que c'est le sentiment du plus grand Roy du monde & du plus habile dans le metier, Qui ne voudroit pas que l'on fit perdre le temps à MONSIEUR LE DAUPHIN, en lui enseignant ce qui se peut apprendre de Theorie sur ce sujet, & qui ne voudroit pas se donner la peine de le faire travailler en sa presence & corriger lui même, en Pere & en bon Maître, les fautes qu'il fait sur les desseins des places irregulieres qu'il lui propose à fortifier, comme la chose la plus importante & la plus difficile de la fortification; s'il n'étoit bien persuadé que ces connoissances lui seront utiles à l'avenir.

C'est à cet exemple que la plus part des personnes de qualité travaillent presentement à cette partie des Mathematiques qui sert principalement à la Guerre. Et c'est sur ce fondement que les principaux Ministres de sa Majesté se sont

LIV. IV.
CHAP. III.
Réponse à la
premiere objection.

LIV. IV.
CHAP. III.
Réponse à la
première ob-
jection.

soigneusement appliqués à cette étude, pour se mettre en état de connoître par eux mêmes, ce qu'il y a de bon dans les propositions qui leur sont faites ; Et de bien juger & du babil des Charlatans, qui ont été en si haute reputation par le passé, & du sçavoir solide des gens de merite.

Ce que l'on apporte de la suffisance de ceux qui servent presentement le Roy dans les batteries, & particulièrement dans celles des Bombes, ne detruit rien de ce que je dis : Car quoy qu'il soit constant qu'ils ayent mis cet Art dans un tres haut degre de perfection par la seule force de leur Genie & par leur grande application ; Il est aussi tres-veritable qu'ils seroient bien plus facilement parvenus à cette haute capacité, s'ils avoient été aidez des connoissances de la Theorie. A le bien prendre leur sçavoir se termine à la connoissance des cas particuliers, qu'ils n'ont reconus qu'à force de les avoir observés ; & qu'ils auroient bien plutôt, plus universellement, & plus assûrement decouvers dans les regles que cette doctrine leur auroit enseignées.

Je pourrois ajouter, que comme les si jets de ce merite sont extremement rares, & se trouvent peu souvent à cause de la difficulté qu'ils ont d'aquerir cette suffisance par les seules observations de Pratique ; l'on en devoit ée me
semble

semble estimer les regles de la Theorie d'autant plus, qu'elles facilitent les moïens de parvenir à la perfection, & qu'elles peuvent par conséquent servir à former de bons Eleues dans cet Art.

LIV. IV.
CHAP. III.
Réponse à la
premiere ob-
jection.

CHAPITRE IV.

Réponse à la seconde objection.

L'ON ne peut pas dire à ceux qui proposent les difficultez, que nous avons rapportées cy-devant contre la Pratique & qui sont pour la plupart fondées sur la resistance & l'inégalité de la matiere, qu'elles ne soient tout a fait raisonnables, & qu'il n'y en ait peut être une infinité d'autres que nous ne conoissions pas, à qui l'on pourroit imputer la cause de ces effets bigearres & surprenans que nous voyons si souvent arriver dans l'Artillerie : Mais l'on peut au moins assurer que ces obstacles peuvent être suffisamment surmontez par le soin & par la meditation laborieuse de ceux qui s'appliquent tout a fait à ce metier, & qu'ils ne sont pas capables d'empêcher que l'on ne fasse cependant un bon usage de nos preceptes.

CHAP. IV.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

Ceux qui servent presentement aux batteries des Bombes, où ils n'agissent que sur les connoissances qu'ils ont acquises par l'experience,

LIV. IV.
CHAP. IV.
Réponse à la
seconde obje-
ction.

rencontrent toutes les mêmes difficultez & trouvent par tout les mêmes obstacles ; Qui cependant ne les empêchent pas de tirer juste : c'est à dire qu'ils sçavent par la pratique le moïen de les conoître & d'y remedier , & d'y appliquer ensuite les regles qu'ils se sont formées par le long usage , par le moïen desquelles ils font porter la bombe où ils veulent. Pourquoy donc, à leur exemple , ne peut-on pas dire que ceux qui se servent des preceptes de cette doctrine , ont le même avantage de pouvoir par la pratique conoître & corriger ces défauts , avant que d'y appliquer les regles de la Theorie.

En un mot on ne peut pas assurer qu'en tous les Arts, la simple conoissance des preceptes suffise à leur perfection ; Il faut les sçavoir appliquer au sujet : Et c'est dans cette application que l'on trouve toujours la resistance & l'opiniatreté de la matiere , qui fait naître mille obstacles & mille empêchemens que l'on ne conoît & que l'on n'apprent à vaincre que par la pratique & par l'experience.

Qu'elle utilité pourroit-on par exemple tirer de la Theorie de la Musique , si l'on ne s'accoutumoit par un long usage à bien entoner les notes , à se former l'oreille à la justesse des consonances , à bien juger du bon & du mauvais effet qu'elles font dans leur mélange , tant entr'elles que parmi les dissonances que l'on y peut

inferer ? La science des ordres d'Architecture & la parfaite connoissance de ses preceptes ne peut pas être de grand fruit à un Architecte , s'il ne sçait par la pratique quel choix il doit faire des ornemens propres à l'Edifice qu'il entreprend ? Quelle est la nature des materiaux qu'il y doit employer , & quel mélange il en doit faire pour leur donner de la fermeté ? Quelle est la qualité du Terrain sur lequel il veut bâtir , de quelle maniere & de quelles mesures il doit faire ses fondemens pour les rendre solides ? & mille autres particularitez qui rendent les Edifices imparfaits & defectueux quand elles sont ignorées ou négligées.

Ces difficultez néanmoins se peuvent vaincre par le courage & par le travail de ceux qui s'y appliquent sérieusement : Les superbes Bâtimens anciens & modernes , & les concerts admirables qui nous ravissent tous les jours , nous apprennent que l'on peut devenir excellent Musicien & parfait Architecte. Enfin après ce que nous avons vû par le retour heureux de ceux qui voyageant , pour ainsi dire , jusqu'en l'autre monde ont eu la rage des vents , de la mer & des Ennemis à combattre , celle de la faim & de la soif , milles perils des rochers , des courans , du feu ; & qui ont été obligez de mettre en pratique ce qu'il y a de plus fin dans l'astronomie & dans les mecaniques : Nous pourrons assûrer qu'il

LIV. IV.
CHAP. IV.
Réponse à la
seconde objec-
tion.

LIV. IV.
CHAP. IV.
Réponse à la
seconde ob-
jection.

ny a rien d'impossible aux soins , au travail & à l'industrie de l'esprit de l'homme.

Il est vray que c'est dans ces grandes occasions que l'on reconoit le mieux les avantages considerables que l'on tire de la science de la Theorie , qui dresse la pratique & perfectionne l'experience ; Qui toutes ensemble font heureusement prendre le bon parti dans les perils les plus pressants & les plus pressants.

C'est aussi pour cet effet que le Roy entretient liberalement sur les ports de mer de son Royaume , des personnes intelligentes qui enseignent aux gens de Marine ce qu'ils doivent sçavoir de Theorie pour la navigation : & qu'il n'a rien épargné dans l'établissement qu'il a fait de ces Academies Illustres pour servir à l'avancement de ses sujets , je veux dire de celle des Sciences , de celle d'Architecture , & de celles de Peinture & de Sculpture tant à Paris qu'en Italie ; Etant persuadé que la gloire de faire re-fleurir les Arts & les Sciences dans ses Etats , n'étoit pas indigne de ces mêmes soins & de cette laborieuse application qui lui donnent tant de victoires.



C.H A P I T R E V.

*Avantages à esperer de l'institution de la Compagnie
des Bombardiers.*

LIV. IV.
CHAP. V.
Avantages à
esperer de l'in-
stitution de la
Compagnie
des Bombar-
diers.

L'INSTITUTION de la Compagnie des Bombardiers & les experiences qu'ils font pour le jet des Bombes, fera sans doute que dans peu cet Art aura toute sa perfection : pourveu qu'ils ne se laissent pas prevenir de pensées de bien-seance, & qu'ils attendent à raisonner sur les proportions de leurs jets, lors qu'ils auront un bon nombre d'épreuves exactes & fideles en toutes sortes d'élévation du mortier ; Dans lesquelles ils doivent remarquer soigneusement les justes longueurs des portées suivant la difference des angles, ainsi qu'elles se trouvent dans leurs experiences, sans s'amuser à les vouloir corriger par avance sur des faux principes, comme il semble qu'il ont fait par le passé sur ce qui se voit dans leurs Tables.

Sur tout il seroit bon qu'ils s'accoutumassent à l'usage juste & precis des instrumens qui servent à prendre les angles des élévations. Que par une suite d'épreuves ils pussent se faire des regles pour la difference de la poudre, & determiner si les longueurs des jets faits avec des poudres differentes sur une même élévation sont

LIV. IV.
CHAP. V.
Avantages à
espérer de l'in-
stitution de la
Compagnie
des Bombar-
diers.

proportionnelles aux differents points qu'elles font courir sur une même éprouvette. Qu'ils appriussent à bien juger de la difference des mêmes portées suivant la difference quantité, de la charge, & suivant la difference maniere de la charger avec tampon ou sans tampon, avec la poudre plus ou moins battue, & selon que le mortier est plus ou moins échauffé.

Ces experiences étant bien faites & repetées plusieurs fois, pourroient donner de grandes lumieres pour la sûreté de l'application des regles de la Theorie, & produire par ce moien des effets merveilleux pour l'Art de jeter les Bombes; dont les difficultés, quoy qu'en assez grand nombre en apparence, ne sont pas neanmoins de grande consequence. Après tout l'on ne veut pas, comme je pense, exiger d'un Bombardier que ses tirs suivent toujours cette precision Mathematique qui se voit dans les mesures du calcul des Tables, & les faire passer pour defectueux & dereglez lors qu'ils s'éloignent seulement de quelques pieds, ou même d'une toise ou de deux, du lieu où l'on lui auroit ordonné de faire porter sa Bombe; & cela est neanmoins le plus grand detraquement que les difficultés qui naissent de la resistance de la matiere, peuvent produire sur l'étendue des tirs d'un mortier, lors que l'on y a apporté toutes les precautions nécessaires.

Je diray à ce propos que Moretti Ingenieur de la Republique de Venise dit dans son livre de l'Artillerie , que dans deux épreuves qu'il a faites avec beaucoup de soin du jet d'une Bombe de 100^{tt} pesant en raze campagne à l'élevation de 45 degrez ; Il a remarqué qu'à la premiere avec la charge de $5\frac{1}{2}$ livres de poudre , & la chambre du mortier fermée d'un tampon de bois poussé à force, la Bombe a porté à la longueur de 600 pas Geometriques ; Mais qu'à la seconde avec la même charge, la chambre étant fermée seulement d'un étoupillon de filasse, elle n'a porté qu'à la longueur de 480 pas , c'est à dire $\frac{1}{3}$ moins que la portée de la premiere.

LIV. IV.
CHAP. V.
Avantages à
espérer de l'in-
stitution de la
Compagnie
des Bombar-
diers.

L'on pourroit tirer quelques conjectures avantageuses des tables faites sur les observations des Bombardiers du Roy dont nous avons parlé dans la premiere partie : lesquelles marquent qu'un mortier de douze pouces de diametre chargé de 2^{tt} de poudre chasse à toute volée , c'est à dire à l'élevation de 45 degrez , à la longueur de 2160 pieds ; à la même longueur chargée de $2\frac{1}{2}$ ^{tt} sous l'angle de 36 deg. , & à celle de 2700 pieds sous l'angle de 45 degrez avec la même charge ; à celle de 2664 pieds chargé de 3^{tt} sous l'angle de 37 degrez , & à celle de 3240 sous l'angle de 45 degrez avec la même charge.

Ainsi un mortier de 8 pouces de diametre

LIV. IV
CHAP. V.
Avantages à
espérer de l'in-
stitution de la
Compagnie
des Bombar-
diers,

chargé de $\frac{1}{2}$ livre de poudre chasse à la lon-
gueur de 1870 pieds sous l'angle de 45 degrez ;
à celle de 1922 chargée de $\frac{3}{4}$ lb sous l'angle de 31
degrez , & à celle de 2790 sous celui de 45 de-
grez avec la même charge ; à celle de 2870 chargée
de 1 lb de poudre sous l'angle de 35 degrez , &
enfin à celle de 3690 pieds à toute volée avec
la même charge.

Mais ces proportions sont suspectes, à cause
de la fausse estime qu'ils ont faite par preven-
tion , comme j'ay dit, de bien-seance pour les
augmentations de leurs tirs à chaque degré.

CHAPITRE VI.

*Usage des mortiers & de quelques autres machines
pour le jet des Bombes.*

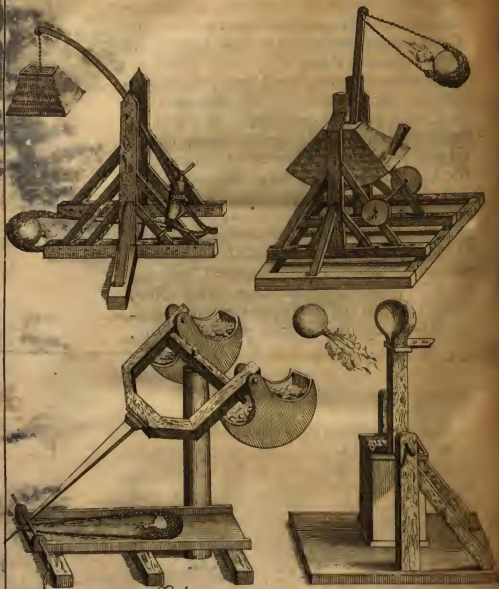
CHAP. VI.
Usage des
mortiers & de
quelques au-
tres machines
pour le jet des
Bombes.

AU reste les mortiers ne servent pas seu-
lement à jeter des Bombes de toutes for-
tes de grosseurs , ils font aussi des grands effets
avec les pierres , dont on a vu beaucoup d'exem-
ples au siege de Candie ; les Italiens les appel-
lent *Batterie de j Saffi*. L'on jette avec les mor-
tiers des boulets rouges, des pots à feu, des ba-
rils ardans, des carcasses qui sont des boites,
faites de bandes de fer, de la grosseur des Bom-
bes , couvertes de grosse toile goderonnée ,
& remplies de grenades & de composition à
mettre

mettre le feu ; Il y en a plusieurs descriptions dans le livre du grand Art de l'Artillerie de Cazimir Siemienowski dont nous avons parlé dans la premiere Partie.

LIV. IV.
CHAP. VI.
Usage des
mortiers & de
quelques au-
tres machines
pour le jet des
Bombes.

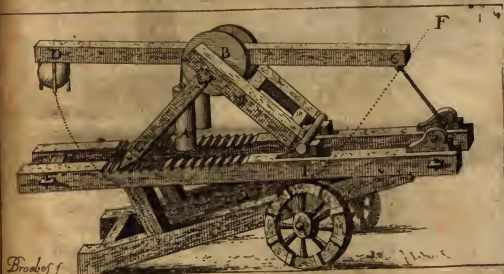
Cet Auteur promet d'enseigner , dans sa seconde Partie , diverses inventions de jeter les Bombes sans mortier ; mais cette partie n'a point été imprimée. Il ne laisse pas de dire en passant que les frondes pourroient être fort utiles , au moins pour jeter les Grenades , si l'on s'en rendoit l'usage familier. A quoy je puis ajouter que dans les desseins des Machines antiques , il y a des grandes frondes attachées à des Trebuchez , qu'ils appelloient *Fundibala* ; Et qui servoient aux anciens à jeter dans les Villes assiégées des pierres plus pesantes que nos Bombes ; Ce qui me fait dire que l'usage n'en seroit peut-être pas à mépriser. En voici quelques desseins.



Broches f

Celle-ci est de l'invention de Monsieur Per-
rault, dont nous avons parlé cy-devant.

LIV. IV.
CHAP. VI.
Usage des
mortiers & de
quelques au-
tres machines
pour le jet des
Bombes.



Les deux poids A A font tourner les roues B
& la barre C D quand on lasche la corde qui
la retient en C. Cette barre , après avoir fait
le demi-tour D E , frappe contre la traverse po-
sée en E , & donnant l'impression à la Bombe D,
elle la fait partir avec violence suivant la dire-
ction de la droite E F qui touche le demi-cercle
D E en E. La branche mobile G arrêtée près ou
Kkk ij

LIV. IV.
CHAP. VI.
Uſage des
mortiers &
& de quelques
autres machi-
nes pour le jet
des Bombes.

loin du point E sur les dents marquées en EG, donne telle élévation que l'on veut au jet de la Bombe en haussant ou baissant la machine.

Je finis par l'explication d'une maniere extraordinaire de jeter des pierres sans mortier. Les Polonois assistez des Troupes auxiliaires de l'Empereur sous la conduite du Conte de Souches, assiegeoient en l'année 1659 la Ville de Torn en Prusse tenuë par les Suedois; dans laquelle ils jettoient tres-souvent des pierres d'une grosseur monstrueuse, des gros Quartiers de meules de moulin & des Carreaux de plus de 800 pesant sans se servir de mortiers, en cette maniere. Dans le terrain rassis près de la contr'es-carpe ils creusoient des trous justement de la grandeur & de la figure de la pierre qu'ils vouloient jeter, dont le fond plat & uni étoit tourné vers la Ville avec tel angle d'inclination qu'ils jugeoient par l'estime qu'il falloit donner pour la direction de leur jet; & dans le milieu du même fond, ils creusoient un autre trou plus profond en forme de chambre, & de telle sorte que l'axe de ce dernier trou passant par le centre de gravité de la pierre se trouvât perpendiculaire à son lit & fut le même que la ligne de sa direction. Ils emplissoient le trou avec de la poudre si la terre étoit assez ferme, ou bien il y faisoient entrer un petard d'une grandeur proportionnée au poids de la pierre,

Qui posant sur le plan du madrier du petard ou du tampon de la chambre , recevoit l'impres-
sion entiere du feu de la poudre que l'on allu-
moit par le moien d'un filer trempé dans l'eau
de vie & de la composition d'artifice , & s'êlev-
ant en l'air à une tres - grande hauteur , elle
alloit retomber dans la Ville aux endroits où
elle étoit destinée & où elle écrasoit tout ce qui se
rencontroit à sa chute.

LIV. IV.
CHAP. VI.
Usage, des
Mortiers &
de quelques
autres machi-
nes pour le jet
des Bombes.

F I N.

Kkk üj

000406

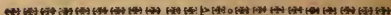




T A B L E

DES LIVRES ET DES CHAPITRES

Contenus dans les quatre Parties de ce Traité
de l'Art de jeter les Bombes, & de connoître
l'étenduë des coups de volée d'un Canon en
toutes sortes d'Elevations.



PREMIERE PARTIE.

Opinions fausses du jet des Bombes avant Galilée.

LIVRE PREMIER.

De l'Origine & de l'usage des Bombes.

CHAPITRE I.	ORIGINE des Bombes.	page 1
CHAP. II.	Premier usage des Bombes en France par Maltus.	pag. 3
CHAP. III.	Il y a des regles certaines pour le jet des Bom- bes inconnuës aux Bombardiers.	p. 6
CHAP. IV.	Sentiment de Tartaglia sur le jet des Bombes.	page 8

T A B L E

CHAP. V. <i>Bouquet des Canoniers inventée par Tartaglia.</i>	page 11
CHAP. VI. <i>Autres découvertes par Tartaglia.</i>	p. 13

LIVRE SECOND.

Sentimens des Auteurs Modernes sur la nature
du jet des Bombes.

CHAPITRE I. <i>SENTIMENT de Diego Ufano sur les coups de volée.</i>	page 18
CHAP. II. <i>Decouvertes du même Ufano.</i>	p. 21
CHAP. III. <i>Pratique d'Ufano examinée.</i>	p. 25
CHAP. IV. <i>Pratique de Louis Collado examinée.</i>	p. 31
CHAP. V. <i>Sentiment de Rivaut de Flurance.</i>	p. 33
CHAP. VI. <i>Origine des Arquebuses à vent.</i>	p. 35
CHAP. VII. <i>Pratique de Rivaut examinée.</i>	p. 35
CHAP. VIII. <i>Le grand Art de l'Artillerie de Siemienowski.</i>	pag. 38
CHAP. IX. <i>Pratique de Daniel Elrich examinée.</i>	p. 39
CHAP. X. <i>Sentiment de Galée.</i>	p. 45
CHAP. XI. <i>Pratique de Galée examinée.</i>	p. 47
CHAP. XII. <i>Pratique des Bombardiers du Roy examinée.</i>	pag. 52



T A B L E.

429 625 626 0 123 424 624 124 625 4] 123 624 124 625 123 624 625 124 625 424 624 625

SECONDE PARTIE.

Pratiques de l'Art de jettèr les Bombes.

LIVRE PREMIER.

Pour les jets dont l'étenduë est au niveau des batteries
par le moyen des Sinus.

- CHAPITRE I. *P*OUR trouver l'étenduë d'un coup sur une
élévation donnée. p. 61
- CHAP. II. *T*rouver l'angle de l'Elevation pour une éten-
duë donnée. p. 62
- CHAP. III. *T*able des Sinus servant au jet des Bombes.
page 64
- CHAP. IV. *U*sage de la Table pour trouver l'étenduë sur
une élévation donnée. p. 65
- CHAP. V. *P*our trouver l'élévation sur une étenduë don-
née. pag. 66
- CHAP. VI. *T*able des hauteurs des jets d'une même force.
page 68
- CHAP. VII. *T*able des hauteur & sublimités des jets de même
étenduë. p. 70
- CHAP. VIII. *T*able de la force des jets de même étenduë.
pag. 73



T A B L E.

LIVRE SECOND.

Pratiques des jets dont l'étenduë est au niveau des batteries, par moyen des Instrumens.

CHAPITRE I.	<i>PAR L'Equerre des Canoniers rectifiée.</i>	p. 76
CHAP. II.	<i>Par le demi-cercle de Torricelli.</i>	p. 81
CHAP. III.	<i>Par un autre Instrument sans le besoin des Sinus.</i>	p. 86

LIVRE TROISIEME.

Pratiques des jets dont l'étenduë n'est pas au niveau des Batteries.

CHAPITRE I.	<i>PORTÉE de but en blanc d'une piece élevée au dessus du plan horizontal.</i>	p. 91
CHAP. II.	<i>Portée sur un plan incliné d'une piece pointée sous un angle donné.</i>	p. 93
CHAP. III.	<i>Trouver l'angle de l'Elevation de la piece.</i>	p. 97
CHAP. IV.	<i>Première pratique par les Sinus.</i>	p. 98
CHAP. V.	<i>Seconde pratique par les Sinus.</i>	p. 100
CHAP. VI.	<i>Troisième pratique par les Sinus.</i>	p. 102
CHAP. VII.	<i>Quatrième pratique par les Sinus.</i>	p. 103
CHAP. VIII.	<i>Cinquième pratique par le demi-cercle de Torricelli rectifiée.</i>	p. 106

T A B L E.

LIVRE QUATRIEME.

Pratique Universelle.

- CHAPITRE I. **C**ONSTRUCTION d'un Instrument
pour toutes sortes de jets. page 111
- CHAP. II. Son usage pour les portées qui sont au niveau
des batteries. p. 113
- CHAP. III. Pour les portées qui ne sont pas au niveau
des batteries. p. 116
- CHAP. IV. Trouver l'élévation de la piece quand l'incli-
nation est au dessus du niveau des bate-
ries. p. 117
- CHAP. V. Trouver l'élévation de la piece quand l'in-
clination est au dessous du niveau des
batteries. p. 120
- CHAP. VI. Trouver la distance horizontale , ou la lon-
gueur du plan incliné , ou la perpendi-
culaire. p. 122
-

LIVRE CINQUIEME.

Application du compas de proportion aux jets des Bombes.

- CHAPITRE I. **P**OUR les portées qui sont au niveau des
batteries. pag. 126
- CHAP. II. Usage du Compas de proportion pour les
portées qui ne sont pas au niveau des
batteries. p. 129

T A B L E.

- CHAP. III. *Trouver l'élevation de la piece quand le plan est incliné sur le niveau des batteries.* p. 130
- CHAP. IV. *Trouver l'élevation de la piece quand le plan est incliné sous le niveau des batteries.* p. 132
- CHAP. V. *Trouver la distance horizontale , ou la longueur du plan incliné , ou la perpendiculaire.* p. 134
-

LIVRE SIXIÈME.

Autre Instrument Universel pour le jet des Bombes.

- CHAP. I. *C*ONSTRUCTION d'un Instrument Universel pour le jet des Bombes. p. 137
- CHAP. II. Usage d'un Instrument Universel pour le jet des Bombes. p. 138
- CHAP. III. Autre usage de cet Instrument Universel. pag. 141

~~~~~

## TROISIÈME PARTIE.

De la Theorie du jet des Bombes.

---

## LIVRE PREMIER.

Doctrine de Galilée sur le mouvement.

- CHAPITRE I. *D*IIALOGUES Mekaniques de Galilée du mouvement & de la resistance des solides. page 147
- CHAP. II. Deux especes de mouvement. p. 149
- é ij

## TABLE.

|             |                                                                                                   |        |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAP. III.  | <i>Première pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vitesse du mouvement accéléré.</i> | p. 150 |
| CHAP. IV.   | <i>Suites admirables de la première pensée de Galilée.</i>                                        | p. 152 |
| CHAP. V.    | <i>Seconde pensée de Galilée pour expliquer l'augmentation de vitesse au mouvement accéléré.</i>  | p. 158 |
| CHAP. VI.   | <i>Explication de la même pensée.</i>                                                             | p. 159 |
| CHAP. VII.  | <i>Propriétés du mouvement accéléré.</i>                                                          | p. 162 |
| CHAP. VIII. | <i>Suites admirables des propriétés du mouvement.</i>                                             | p. 164 |
| CHAP. IX.   | <i>Raisonnement sur les deux pensées de Galilée.</i>                                              | p. 167 |

---

## LIVRE SECOND.

### Théorie du mouvement de projection.

|             |                                                                     |          |
|-------------|---------------------------------------------------------------------|----------|
| CHAPITRE I. | <i>ESPECES différentes du mouvement de projection.</i>              | page 169 |
| CHAP. II.   | <i>Mouvement perpendiculaire en haut ou en bas.</i>                 | p. 170   |
| CHAP. III.  | <i>Mouvement de projection horizontale.</i>                         | p. 172   |
| CHAP. IV.   | <i>Naissance &amp; propriétés de la ligne Parabolique.</i>          | p. Idem. |
| CHAP. V.    | <i>La ligne de la projection horizontale est Parabolique.</i>       | p. 175   |
| CHAP. VI.   | <i>Les lignes des projections obliques sont aussi paraboliques.</i> | p. 179   |

## TABLE.

|             |                                                                                                            |        |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAP. VII.  | <i>Maniere de mesurer les differens degrés de la force imprimée au mobile jeté.</i>                        | p. 188 |
| CHAP. VIII. | <i>Proportion des Amplitudes des Paraboles &amp; des sinus du double des angles de leurs trajectoires.</i> | p. 195 |
| CHAP. IX.   | <i>Suite de cette Proportion.</i>                                                                          | p. 197 |

---

## LIVRE TROISIÈME

Demonstration des pratiques de l'Art de jeter les Bombes. Et premierement pour les jets dont l'élevation est au niveau des batteries, & par le moyen de sinus.

|             |                                                                                                                                                                                           |          |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| CHAPITRE I. | <i>POUR trouver l'étendue d'un coup sur une elevation donnée.</i>                                                                                                                         | page 201 |
| CHAP. II.   | <i>Pour trouver l'angle de l'élevation pour une étendue donnée.</i>                                                                                                                       | p. 204   |
| CHAP. III.  | <i>Demonstration de la Table des sinus servans au jet des Bombes.</i>                                                                                                                     | p. 206   |
| CHAP. IV.   | <i>Demonstration de la Table des jets poussés d'une même force.</i>                                                                                                                       | p. 207   |
| CHAP. V.    | <i>Demonstration de la Table des hauteurs &amp; sublimés des jets de même étendue, &amp; de celle de la force qu'il faut donner au jets de même étendue en toutes sortes d'élevation.</i> | page 209 |





## TABLE.

---

### LIVRE QUATRIÈME.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue est au niveau des batteries & par le moyen des Instrumens.

CHAPITRE I. *D*ÉMONSTRATION de l'Equerre des Canoniers rectifiée. p. 217

CHAP. II. Démonstration du demi-cercle de Torricelli: p. 225

CHAP. III. Démonstration d'un autre Instrument sans le besoin des sinus. p. 226

---

### LIVRE CINQUIÈME.

Démonstration des pratiques pour les jets dont l'étendue n'est pas au niveau des batteries.

CHAPITRE I. *P*OUR la portée sur un plan incliné d'une piece pointée sous un angle donné. p. 231

CHAP. II. Pour la portée de but en blanc d'une piece élevée au dessus du plan horizontal. p. 236

CHAP. III. Sentiment du R. P. de Challes pour les portées sur des plans inclinés. p. 239

CHAP. IV. Problème proposé pour les portées sur des plans inclinés. p. 241

CHAP. V. Résolution du Probleme par M. Buot. p. 243

CHAP. VI. Résolution du Probleme par M. Rômer. p. 245

CHAP. VII. Résolution du Probleme par M. de la Hyre. page 248

## TABLE.

### LIVRE SIXIÈME.

Demonstration des Pratiques par les Sinus.

- CHAPITRE I. *D*EMONSTRATION de la premiere  
pratique par les sinus. page 252
- CHAP. II. *D*emonstration de la seconde pratique par les  
sinus. P. 255
- CHAP. III. *D*emonstration de la troisieme pratique par  
les sinus. P. 258
- CHAP. IV. *D*emonstration de la quatrieme pratique par  
les sinus. P. 261

### LIVRE SEPTIÈME.

Demonstration des Pratiques par les  
Instrumens.

- CHAPITRE I. *D*EMONSTRATION de la premiere pra-  
tique par le demi-cercle de Torricelli  
rectifié. page 268
- CHAP. II. *D*emonstration des pratiques par un Instru-  
ment pour toutes sortes de jets. P. 274
- CHAP. III. Pour les jets qui sont au niveau des bat-  
teries. p. Idem.
- CHAP. IV. Pour les jets qui ne sont point au niveau des  
batteries. P. 279
- CHAP. V. *D*emonstration des pratiques par le Compas de  
proportion. P. 288
- CHAP. VI. Pour les portées qui sont au niveau des bat-  
teries. P. 290

# T A B L E.

|                                                                      |        |
|----------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAP. VII. Pour les portées qui ne sont pas au niveau des batteries. | P. 292 |
|----------------------------------------------------------------------|--------|

## LIVRE HUITIÈME.

Doctrine de M. Cassini pour le jet des Bombes.

|                                                                                                              |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAPITRE I. <b>L</b> IGNES d'égalité, d'impulsion & de chute respective.                                     | P. 297 |
| CHAP. II. De la ligne d'égalité.                                                                             | P. 299 |
| CHAP. III. Lignes d'égalité, d'impulsion & de chute respective sont trois proportionnelles.                  | P. 302 |
| CHAP. IV. Sur une direction & sur une distance donnée; trouver la ligne d'égalité.                           | P. 303 |
| CHAP. V. La ligne d'égalité & la distance étant données: trouver la direction.                               | P. 304 |
| CHAP. VI. Démonstration de la construction & de l'usage de l'Instrument Universel pour les jets des Bombes.  | P. 307 |
| CHAP. VII. Démonstration de ce qui s'est ajouté à l'Instrument Universel pour en rendre l'usage plus facile. | P. 310 |



QUATRIÈME

# TABLE.

## QUATRIÈME PARTIE.

*Resolution des difficultés qui se trouvent dans la doctrine du jet des Bombes.*

### LIVRE PREMIER.

Solution des Objections faites contre la Theorie.

CHAPITRE I. *EXPLICATION de ce qui a été sup-  
posé dans la Theorie.* page 317

CHAP. II. Première Objection. *La ligne horizontale  
n'est point droite, & les perpendiculaires  
ne sont point paralleles.* P. 319

CHAP. III. Seconde Objection. *La force imprimée au  
mobile n'est point perpetuelle, égale & uni-  
forme.* P. 321

CHAP. IV. Troisième Objection. *La resistance de l'air  
altere la proportion du mouvement causé  
par la pesanteur.* P. 326

CHAP. V. Quatrième Objection. *Deux mouvemens  
différens n'entrent point en composition l'un  
avec l'autre sans alteration.* P. 331

CHAP. VI. Cinquième Objection. *Les espaces parcourus  
par le mobile tombant ne sont peut-être  
pas dans la proportion des quarrés des temps  
de la chute.* P. 333

# T A B L E.

CHAP. VII. Sixième Objection. *Cette Theorie est souvent contraire à l'expérience.* P. 334

## LIVRE DEUXIÈME.

Réponses aux Objections proposées concernant la Theorie.

|             |                                                                                                             |        |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAPITRE I. | RÉPONSE à la première Objection.                                                                            | P. 339 |
| CHAP. II.   | Réponse à la seconde Objection.                                                                             | P. 341 |
| CHAP. III.  | Réponse à la troisième Objection.                                                                           | P. 351 |
| CHAP. IV.   | Réponse à la quatrième Objection                                                                            | P. 359 |
| CHAP. V.    | Reflexions sur le sujet de l'Artillerie.                                                                    | P. 409 |
| CHAP. VI.   | Suite de la réponse à la quatrième Objection.                                                               | P. 369 |
| CHAP. VII.  | Réponse à la cinquième Objection.                                                                           | P. 375 |
| CHAP. VIII. | Raisons de Galice pour montrer que la vitesse du corps qui tombe ne s'accroit pas à proportion des espaces. | P. 377 |
| CHAP. IX.   | Raisons de Gassendi au même sujet.                                                                          | P. 378 |
| CHAP. X.    | Un mobile en tombant acquiert à chaque moment un nouveau degré de vitesse.                                  | P. 381 |
| CHAP. XI.   | Prouvé par diverses expériences.                                                                            | P. 387 |
| CHAP. XII.  | Raisonnemens de Balian au même sujet.                                                                       | P. 398 |
| CHAP. XIII. | Raisonnemens de M. Huguens.                                                                                 | P. 403 |
| CHAP. XIV.  | Suite de la réponse à la cinquième Objection.                                                               | P. 407 |
| CHAP. XV.   | Réponse à la sixième Objection.                                                                             | P. 409 |

## TABLE.

### LIVRE TROISIÈME.

Confirmation de la même Doctrine par les  
Experiences.

- CHAPITRE I. *EXPLICATION d'une Experience du*  
*P. Mersenne.* P. 413
- CHAP. II. *Premiere Experience faite à l'Academie Royale*  
*des Sciences par M. Mariote.* P. 416
- CHAP. III. *Seconde Experience faite à l'Academie Royale*  
*des Sciences, par la machine de Monsieur*  
*Perauld.*
- CHAP. IV. *Troisième Experience faite à l'Academie Royale*  
*des Sciences par le moyen du vis-argent.* P. 420

### LIVRE QUATRIÈME.

Resolution des difficultés de la pratique du jet  
des Bombes.

- CHAPITRE I. *P*REMIERE Objection. *La Theorie*  
*n'est point necessaire pour les pratiques*  
*de la Guerre.* P. 426
- CHAP. II. *Seconde Objection. Les inégalités de la ma-*  
*tiere empêchent dans la pratique les effets*  
*des regles de la Theorie.* P. 427
- CHAP. III. *Réponse à la premiere Objection.* P. 430

# TABLE.

|           |                                                                                          |        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| CHAP. IV. | <i>Réponse à la seconde Objection.</i>                                                   | P. 433 |
| CHAP. V.  | <i>Avantages à esperer de l'Institution de la<br/>Compagnie des Bombardiers.</i>         | P. 437 |
| CHAP. VI. | <i>Usage des Mortiers, &amp; de quelques autres<br/>Machines pour le jet des Bombes.</i> | P. 440 |



# Fautes à corriger.

| Page | Ligne |                                                                                                  | lisez                |
|------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 12   | 16    | demonter                                                                                         | démonter             |
| 13   | 15    | l'air, fut                                                                                       | l'air, qui fut       |
| 21   | 19    | portés                                                                                           | portées              |
| 16   | 25    | de 51 degrez                                                                                     | de 5 degrez          |
| 32   | 19    | portés                                                                                           | portées              |
| 37   | 9     | lesquelles                                                                                       | lesquels             |
| 43   | 27    | 6.   60                                                                                          | 4. 6.   60           |
|      | 28    | 7.   70                                                                                          | 3. 7.   70           |
|      | 29    | 8.   80                                                                                          | 1 8.   80            |
| 50   | 6     | 41   46                                                                                          | 41   48              |
|      | 7     | 41   48                                                                                          | 41   49              |
| 57   | 31    | 1188                                                                                             | 1588                 |
| 65   | 24    | rapporté                                                                                         | rapportez            |
| 46   | 3     | lor                                                                                              | lors                 |
| 71   | 25    | 11871                                                                                            | 11861                |
| 77   | 4     | à A. B                                                                                           | à A B                |
| 86   | 8     | divers                                                                                           | diverses             |
| 89   | 8     | 128 1                                                                                            | 138 1                |
| 106  | 13    | 24 13                                                                                            | 18 13                |
| 108  | 8     | de A M                                                                                           | de A en M            |
|      | 10    | partie                                                                                           | parties              |
| 110  | 9     | au dessus                                                                                        | au dessous           |
| 141  | 20    | ou plus                                                                                          | ou plus              |
| 143  | 25    | ou, deux                                                                                         | ou en deux           |
| 162  | 3     | hypothese des                                                                                    | hypothese a des      |
| 163  | 2     | effacez                                                                                          | égalez &             |
| 179  | 17    | est à A N                                                                                        | il est à A N         |
| 190  | 22    | à A a, à la                                                                                      | à A, à la            |
| 212  | 14    | l'on propose                                                                                     | l'on suppose         |
| 236  | 4     | pratique nous                                                                                    | pratique que nous    |
| 266  |       | Sur la ligne A C dans la Figure, il manque un Y au point où tombe une perpendiculaire du point I |                      |
| 279  | 1     | F 111 lisez                                                                                      | F 111                |
| 304  |       | voici                                                                                            | voici                |
| 310  | 14    | qu'il a                                                                                          | qu'il y a            |
| 318  | 14    | fait                                                                                             | fut                  |
| 335  | 26    | la force effacez                                                                                 | par                  |
|      | 27    | lisez                                                                                            | par la force         |
|      |       | effacez                                                                                          | dont                 |
| 362  | 5     | toute à la fois                                                                                  | lisez tout à la fois |
| 366  | 10    | mettoient                                                                                        | mettroient           |
| 367  | 3     | trois poudres                                                                                    | trois pieds          |
| 389  | 5     | dans la Figure II                                                                                | H                    |
| 400  |       | VIII                                                                                             | XIII                 |
| 403  | 6     |                                                                                                  |                      |



1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

1870

















